

L'AZOTO, IL FOSFORO E LA CHIMICA NUOVA

Storie di luce e combustione
(1774-1799)

di
Maria Teresa Monti



FILOSOFIA E SCIENZA
NELL'ETÀ MODERNA E CONTEMPORANEA

FrancoAngeli 

FILOSOFIA E SCIENZA NELL'ETÀ MODERNA E CONTEMPORANEA

1. Studi

2. Strumenti bibliografici

3. Testi inediti o rari

Collana diretta da
Manuela Sanna
Geri Cerchiai

Consiglio scientifico
Emanuela Scribano, Luisa Simonutti, Pierre Girard,
Giovanni Rota, Jürgen Trabant



SEZIONE DI MILANO
ISTITUTO PER LA STORIA DEL PENSIERO FILOSOFICO E SCIENTIFICO MODERNO
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
Via Cozzi 53, 20125 Milano



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più: [Pubblica con noi](#)

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "[Informatemi](#)" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

L'AZOTO, IL FOSFORO E LA CHIMICA NUOVA

Storie di luce e combustione
(1774-1799)

di
Maria Teresa Monti

FrancoAngeli 

Questo libro è pubblicato con il contributo dal Bando Ricerca UPO 2022 finanziato dal MUR – DM737/2021 del PNR e dalla Compagnia di San Paolo. Esso si è inoltre avvalso di un contributo dell'Istituto per la storia del pensiero filosofico e scientifico moderno del Consiglio nazionale delle ricerche.

Isbn: 9788835157120

Copyright © 2023 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Copyright © 2023 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy. ISBN 9788835157120

INDICE

Premessa	pag.	9
I. Teorie di luce e combustione	»	15
I.1. I quattro quinti	»	15
I.2. L'azoto prodotto	»	21
I.3. Inerte, indifferente, ingombrante	»	31
I.4. La vocazione analitica del fosforo	»	37
I.5. La combustione impossibile	»	44
I.6. Fiamma e luce	»	48
II. J.F.A. Göttling e la chimica della luce	»	53
II.1. La cucurbita d'ottone	»	53
II.2. I cinquantanove <i>Versuche</i>	»	55
II.3. <i>Lichtstoffluft</i>	»	64
II.4. L'azoto "fosforico"	»	67
II.5. Con e oltre Göttling	»	70
II.6. Una critica vasta e puntigliosa	»	72
II.7. Gli Italiani	»	85
III. Spallanzani e la chimica	»	91
III.1. I vulcani	»	91
III.2. L'"aria delle lave"	»	96
III.3. La "mofeta"	»	108
III.4. Le arie infiammabili	»	110
III.5. Il racconto	»	121
IV. L'azoto "cresciuto"	»	129
IV.1. La respirazione e non solo	»	129
IV.2. L'azoto "cresciuto"	»	132

IV.3. Strumenti	pag. 134
IV.4. Computi	» 138
IV.5. L'incontro con Götting	» 140
IV.6. La chimica a tempo pieno	» 142
IV.7. Il "costante"	» 146
IV.8. Inquinamento e deterioramento	» 148
IV.9. La magia della scrittura	» 162
IV.10. Un prodromo	» 165
IV.11. La luce	» 170
IV.12. Il <i>Chimico esame</i>	» 180
V. Effluvi fosforici	» 193
V.1. Dopo il <i>Chimico esame</i>	» 193
V.2. Gli effluvi fosforici	» 201
V.3. Contestazioni flogisticistiche	» 202
V.4. L'azoto e la "dissoluzione" del fosforo	» 206
V.5. Eclettismi italiani	» 210
V.6. Götting rilancia	» 216
VI. Sino all'ultimo respiro	» 227
VI.1. La <i>Lettera</i> a Van Mons	» 227
VI.2. Un apparente paradosso	» 231
VI.3. "Contrarietà"	» 233
VI.4. "Eudiometri misuratori", "misurini", "tubi eudiometrici"	» 238
VI.5. Una "non leggera difficoltà"	» 242
VI.6. "Niente possiamo decidere"	» 247
VI.7. Le piante	» 250
VI.8. Un prodromo e ultime manovre	» 251
VI.9. Sino all'ultimo respiro	» 255
Ri-epilogo	» 261
Bibliografia	» 281
Tavola delle illustrazioni	» 295
Indice dei nomi	» 299

Per Emilia

PREMESSA

Questo libro ripercorre *storie* di luce e combustione e non conclude a una *storia* di teorie, tanto meno pretende di intervenire nel dibattito storico-epistemologico sul primato della quantità e della misura in cui la *chimie nouvelle* si autodefinì. La proposta, sicuramente più singolare, è quella di un racconto che riprende eventi di notorietà variabilissima e li rilegge dalla parte dell'azoto, cioè i tre quarti abbondanti dell'aria comune che *non* consentono gli scambi quantitativi propri della combustione e *non* innescano la visibilità qualitativa tipica del fosforo, vale a dire il reattivo tradizionalmente considerato di maggior presa simbolica e vistosa spettacolarità.

In modo probabilmente non meno stravagante, il periodo di riferimento dichiarato nel titolo collega l'edizione degli *Opuscules* di Lavoisier e la morte di Lazzaro Spallanzani, che a fine Settecento è di certo la figura intellettuale più vicina a quella di un biologo *ante litteram*. In mezzo sta la storia, sicuramente meno nota, di Johann Friedrich August Göttling, personaggio di notevole ingombro all'interno della stessa comunità tedesca, che per lo più fu assai critica nei suoi confronti, malgrado il sincretismo di tradizione flogistica e nuova chimica, che spesso le è stato attribuito. Il 'caso Göttling' raccorda in effetti l'alfa e l'omega di questa narrazione. Le esperienze allestite dal professore tedesco attribuiscono al fosforo in azoto potente reattività e su quella luce – che si manifesta senza calore, che non è combustione e che ciò non di meno 'acidifica' il minerale – Göttling costruisce un'intricata teoria pneumatica e una nomenclatura originale. Entrambe risultano alternative, e al tempo stesso debitorie, nei confronti dei due sistemi in gioco, ma soprattutto costringono lavoisieriani e flogistici a riconsiderare *ab imis* la natura dell'azoto.

Questo libro non discute di architetture e fondamenti teorici, ma sceglie di ripercorrere le dinamiche della pratica sperimentale creativa e fa storia di protocolli e di strumenti. Quanto avviene all'interno sia del partito francese sia della chimica flogistica riformata (tedesca e non solo) indica infatti che la corretta comprensione del rapporto tra fosforo e azoto richiede innanzi tutto esattezza

nell'analisi dei gas e affidabilità di dispositivi e metodiche. Per entrambe le parti in causa il miraggio è insomma la purezza dei fluidi elastici e il nemico è il loro inquinamento. Si determina in tal modo una centralità, se non un primato, della dimensione procedurale che, a suo modo 'carica di teoria', riorienta quest'ultima e vi agisce in modo decisivo.

Nasce da qui la scelta di amputare gli anni "cruciali" del maestro francese, per iniziare la narrazione con il momento in cui la nuova chimica affronta la circolazione pubblica. E da qui viene pure l'intenzione di seguirne gli sviluppi nella *coterie*, dove si discute di apparecchi e protocolli con intensità che cresce in progressione geometrica e la presa di posizione ufficiale contro Götting richiede i tempi lunghi del ritorno in laboratorio.

Con Spallanzani, che di Götting fornisce la contestazione più solida e limpidamente lavoisieriana, il registro della narrazione cambia però in modo radicale. Rispetto a quello messo in atto nel caso del partito francese, l'approccio al contributo del biologo italiano è stato di necessità opposto. È infatti vero che egli pubblica i risultati della ricerca chimica e non pubblica quasi nulla della ricerca fisiologica che la innesca, la ospita e ne rende comprensibili l'itinerario e i risultati. È certo il saggio a stampa che incide sul dibattito coevo, ma è quanto accade prima (ed è documentato dalla massa critica della scrittura privata) che illustra davvero le strategie investigative e permette anzi di comprendere appieno come, anche in questo caso, funzioni per Spallanzani la 'magia della scrittura'. È quest'ultima che forgia fatti e teorie e poi consegna alla comunicazione pubblica un prodotto conforme alle regole della 'buona' narrazione scientifica, anzi il prodotto ultimo ed esemplare delle tecniche letterarie di cui l'autore è maestro.

Lo scienziato italiano, che brucia sui tempi i Francesi nella confutazione di Götting, *non è* ma *si costruisce* chimico professionale. Spallanzani inizia infatti affrontando da dilettante di talento un bizzarro fenomeno di biochimica, cioè lo strano caso dell'azoto che cresce durante il passaggio per i polmoni. Apprendista in terra che gli è largamente incognita, egli diventa con rapidità padrone di procedure e strumenti, anzi li modifica e ne allestisce di perfettamente originali. È la rilevanza metodica ed epistemologica del *percorso* che si impone sia sull'*attimo*, in cui l'autore consegna gli esiti brillanti al tipografo, sia sul *fallimento* della loro applicazione alla ricerca che dalla chimica torna alla fisiologia, con i suoi enigmi irrisolti e celati nelle carte che infatti l'autore mai ritenne pronte per la pubblicazione.

Il nome di Götting compare, in modo del tutto inatteso, nel diario dell'inchiesta sulla respirazione che impegna Spallanzani sino alla morte. Dalle novità e, al tempo stesso, dalle problematicità della scienza di Götting, il biologo trae l'inesco della sua ultima "passione dominante", instaurando con il collega tedesco un incredibile dialogo virtuale, capace di accendere il motore potente di quella che sembra vera bulimia d'osservazioni ed esperienze. Il biologo riporta finalmente fosforo e azoto su rotte parallele e chiude in modo netto alla possibilità di ogni compromesso. Nel medesimo tempo però chiude anche a ogni possibilità

di spiegazione per il misterioso surplus d'azoto che, sino alla fine, continuerà a verificarsi senza regola nella respirazione, dove esso è escluso proprio dai fondamentali del sistema francese che lo scienziato italiano ha appena consolidato.

In questo libro gli spazi *non* sono equamente bilanciati e la ricostruzione della vicenda di Spallanzani è, con tutta evidenza, ipertrofica rispetto a quella degli altri protagonisti, che sono chimici di orientamento e valore diverso, ma tutti – appunto – professionisti della materia. Spallanzani – come si è sottolineato – è biologo e poco o nulla s'intende del suo contributo se non si cerca di capire come mai un intellettuale scientifico assai affermato in tutt'altri settori venga tanto preso dalla passione nuova, perché ciò accada proprio in quel momento, al termine della sua lunga carriera scientifica e come, alla vigilia dei settant'anni, egli non abbia paura di rimettersi in gioco. Si aggiunga la rara opportunità offerta dalla mole incredibile di diari, riassunti e bozze che lo scienziato ha tesaurizzato e che, per caso fortunatissimo, è a tutt'oggi disponibile.

Questo libro ha alle spalle anni di lavoro storico ed ecdotico sulle centinaia di pagine riempite da Spallanzani durante le ricerche condotte intorno alla respirazione. La necessità di ricostruire le disavventure del fosforo e dell'azoto si è in effetti delineata durante indagini iniziate da chi scrive con intenzione tutt'altra. Proprio come è avvenuto al maestro pavese (*si parva licet ...*), la ricerca è nata dal tronco 'biologico', ma si è poi autonomizzata, costringendo ad allargare lo sguardo nello spazio e nel tempo. Comprendere come siano davvero andate le cose nel laboratorio di Spallanzani ha rappresentato lo stimolo maggiore all'edizione delle carte e all'analisi storica del lavoro sulla respirazione. E in quest'ultimo la ricerca di chimica pneumatica è apparsa subito profondamente incistata, quasi una neoformazione che si ipertrofizza sino a marginalizzare e poi bloccare lo studio che l'ha generata. Bisognava inoltre capire come e se l'ultima battaglia con l'azoto potesse connettersi alla ricerca sui gas che, durante i viaggi di esplorazione mineralogica, Spallanzani aveva in realtà già condotto negli anni Ottanta del Settecento. Il passo indietro era indispensabile per saldare poi le peculiarità di questa gemmazione ai fondamentali della scienza dell'autore.

Al netto delle molte specificità di quest'ultima inchiesta spallanzaniana, qui come altrove sono risultate operative categorie che ne caratterizzano fortemente metodo ed episteme, vale a dire quelle del "costante" e dell'"accidentale". Anzi: qui forse più che altrove, esse sono parse traducibili nel concetto, volutamente anacronistico, di "variazione accettabile". Spallanzani le plasma da par suo e le usa come armi maggiori nella battaglia con l'azoto, (non) conclusa dopo una serie infinita di ostacoli, ripensamenti e fughe in avanti. Ripercorrere oggi i diari delle osservazioni e delle esperienze tiene insomma davvero sospeso il lettore, quasi si tratti di un thriller, che solo alla fine dipana il giallo della vicenda.

Questo libro racconta finalmente storie di scrittura. Soprattutto per molti degli scienziati tedeschi considerati, la forma delle narrazioni è trasparente di strategie comunicative (efficaci o meno) ed è gesto di adesione a tradizioni intellettuali determinate. In ciò convergono le scelte degli autori per le diverse

tipologie di pubblicazione: i manuali di Friedrich Albrecht Carl Gren e di Christoph Girtanner, piuttosto che l'enciclopedia di Jeremias Benjamin Richter, o le monografie di Carl Christoph Friedrich von Jäger e Alexander Nicolaus Scherer, ma anche dello stesso Götting. La gestione della narrazione scientifica è del resto uno degli snodi fondamentali nel rapporto fra Götting e Spallanzani. Il chimico tedesco nulla lascia al caso nella costruzione letteraria sia della sua opera maggiore sia degli interventi minori, che la anticipano e la contornano. D'altro canto, qui come ovunque nella scienza del biologo italiano, è la scrittura che costruisce i 'fatti' a partire dal caos dei 'dati'. E non solo. Ancor prima che i risultati del laboratorio reggano la contestazione, è lo stesso Spallanzani a cogliere al volo che in Götting scelte epistemologiche e scelte narrative convergono, che le seconde non vivono mai di vita autonoma e che la fragilità di queste ultime conferma la debolezza di merito e di metodo contestata al collega tedesco. In tal modo il cerchio si chiude e annette la scrittura alla storia della pratica sperimentale, confermando al tempo stesso quest'ultima quale luogo d'elezione per la sintesi di gesto e teoria.

L'azoto, il fosforo e la chimica nuova non è (o non è solo) un libro per specialisti, ai quali queste *storie di luce e combustione* potranno risultare racconti noiosi di cose già note, prolissi nella descrizione di procedure e strumenti, in equilibrio incerto fra storie disciplinari diverse. Attraverso un soggetto assai particolare, la narrazione si rivolge qui al pubblico più vasto di coloro che non si interessano a quanto sta alle nostre spalle per ritrovare casi confortanti una teoria prestabilita circa il motore dello sviluppo storico. Se si muove dal presente per ricostruire il passato della 'verità', la storia diventa il racconto dell'ignoranza e dell'inadeguatezza. Questo libro cerca invece di fare storia nel *presente* di chi ci visse e operò. Quindi non incontra errori e precorritenti più o meno bizzarri, ma personaggi che faticano con la mente e con le mani e costruiscono edifici complessi. Compiono i grandi eroi – certo – ma anche figure diverse, artigiani dell'innovazione, che ai grandi eroi consentono di spiccare il volo e danno la misura di come l'attività scientifica, la condivisione del metodo e l'applicazione delle pratiche fossero più diffuse di quanto induca a pensare la punta dell'iceberg. E, come nel caso dell'iceberg, la base non solo si è scoperta ben più vasta di ciò che appare, ma soprattutto essa si è mostrata come ciò che ne costituisce il sostegno vero.

* * *

I risultati di ricerca, raccolti ed esposti nel volume, devono molto a persone con le quali ho nel tempo stabilito rapporti di solida collaborazione e sincera amicizia. Un grazie di cuore va a Francesco Luzzini, per una consuetudine di confronto ormai pluriennale e sempre feconda di suggestioni intellettuali per me decisive. Con Paolo Rurale sono in debito per discussioni recenti, ma altrettanto stimolanti e soprattutto convergenti nella comune passione per il soggetto di studio e nell'idea d'impegno civile che la sostiene. Ricordo inoltre Francesco

Barbieri, Marco Bresadola, Marco Ciardi, Alessandra Ferraresi, Paolo Mazzarello e Ferdinando Taddei che sono sempre stati più che generosi di informazioni, consigli e suggerimenti.

Ho gratitudine particolare per Manuela Sanna che ha accolto il volume nella collana dell'ISPF-CNR, dove per me è stato assai importante tornare, dato che proprio con quella collana e in quell'istituzione ho iniziato la mia avventura con la storia della scienza. Un ringraziamento speciale va inoltre a Geri Cerchiai che, con pazienza e attenzione, ha seguito ogni fase del progetto editoriale e della stampa.

Un ricordo commosso rivolgo infine a chi ha sostenuto empaticamente queste indagini, ma non ne ha visto la fine. A Paola Manzini e a Carlo Castellani devo infatti una lezione insostituibile di scienza e di metodo.

Maria Teresa Monti

I. TEORIE DI LUCE E COMBUSTIONE

I.1. I quattro quinti

Gli eventi di fosforescenza hanno da sempre esercitato il fascino particolare di bagliori che si sprigionano vistosi in assenza dei segni usuali della combustione. Fra Cinque e Seicento lo “spettacolo” della luce¹ porta a distinguere tipologie diverse di questi fenomeni e poi a isolare il fosforo. Ciò tuttavia non scioglie l’ambiguità fondamentale di una sostanza suscettibile di approccio applicativo e al tempo stesso capace di imporsi con il trionfo della sua visibilità e di eccitare la sensibilità ‘estetica’ di professionisti e dilettanti. La storia è nota. D’altro canto, l’invisibilità dei gas, cioè la frequente impossibilità di osservarli in modo diretto, non si traduce in visibilità concettuale né prima né dopo la rivoluzione della *chimie nouvelle*, che generalmente non produce dubbi sulla possibilità di indagarli sperimentalmente. È insomma del tutto ovvio che i fluidi elastici siano oggetti invisibili (per lo più) che nelle reazioni si rendono (per lo più) visibilissimi. Esiste però una sorta di super-invisibilità chimica: quella delle sostanze inerti che, presenti nell’ambiente in cui si svolge una reazione, non vi prendono parte né la modificano. Per Lavoisier, il gas inerte per eccellenza è l’azoto (e lo è dalla “fine dell’inizio”,² se non già dall’“anno cruciale”³). In azoto infatti il fosforo non reagisce e tanto meno avviene la combustione.

È alla fine del Settecento che le sorti del fosforo e dell’azoto s’intrecciano per la prima volta in un incontro singolare, quanto può essere quello della spettacolarità con l’invisibilità. La vicenda è per più rispetti bizzarra e costringe

1. Jan V. Golinski, *A Noble Spectacle. Phosphorous and the Public Cultures of Science in the Early Royal Society*, “Isis”, 1989, LXXX, pp. 11-39. Cfr. anche Edmund Newton Harvey, *A History of Luminescence. From the Earliest Times until 1900*, Philadelphia, American Philosophical Society, 1957.

2. Frederic Lawrence Holmes, *Antoine Lavoisier – The Next Crucial Year. Or the Source of His Quantitative Method in Chemistry*, Princeton, Princeton University Press, 1998, cap. IX.

3. Henry Guerlac, *Lavoisier – The Crucial Year. The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*, New York, Gordon and Breach, 1990 (I ed.: 1961).

a riprendere cose notissime di Lavoisier, facendolo però dalla parte di quella porzione che costituisce i tre quarti abbondanti dell'aria comune. In questa occasione non si considererà il lavoro fondativo (per “esperienze empiriche” ed “esperienze testuali”)⁴ che il chimico francese affida ai quaderni di laboratorio. Qui la storia inizia piuttosto con le pagine degli *Opuscules* (1774) e si attiene alla dimensione della comunicazione pubblica che, per quanto incide e orienta il dibattito coevo di chimica teorica e applicata, sarà al centro dell'attenzione.

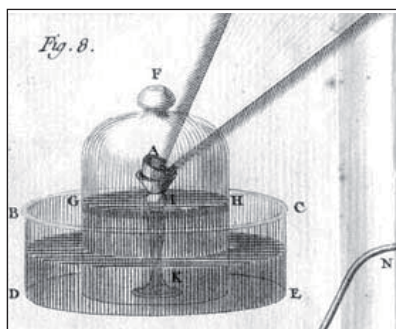


Fig. 1 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. II, fig. 8

Il fosforo gioca da protagonista sulla scena sperimentale in uno dei capitoli più noti dell'opera che Lavoisier pubblica nel 1774: in combustione, esso attira “l'aria, o un qualche altro fluido elastico contenuto, in una certa proporzione, entro l'aria che noi respiriamo.”⁵ Otto grani di fosforo di Kunckel,⁶ posti in una capsula d'agata, vengono collocati sotto una campana di vetro, capovolta su un contenitore con acqua, e sopra quest'ultima si versa un sottile strato d'olio, per evitare il contatto con i vapori innescati dalla combustione.

Investito dal calore prodotto da una lente ustoria, il fosforo fonde, si accende con bella fiamma e fumi bianchi, che aderiscono all'interno della campana e si

4. Per queste due categorie è fondamentale Marc James Ratcliff, *Genèse d'une découverte. La division des infusoires (1765-1766)*, Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle, 2016.

5. Antoine-Laurent Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques* [1774], in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, pp. 437-655. Si cita dalla traduzione italiana *Opuscoli fisici e chimici*, a cura di Marco Ciardi e Marco Taddia, Bologna, Bononia University Press, 2005, pp. 216-217. Il capitolo in questione (“Della combustione del fosforo e della formazione del suo acido”) è il nono della seconda parte.

6. Il fosforo “di Kunckel” è in realtà il fosforo di Hennig Brand (1620-1692 circa), medico e alchimista tedesco che, alla fine degli anni Sessanta del Seicento, riuscì a isolarlo e a produrlo per ebollizione dell'urina. Brand però non descrisse la procedura, o quanto meno non lo fece secondo i canoni della comunicazione scientifica. Johann Kunckel von Löwenstern (1630-1703) profitò forse di un incontro con Brand per impadronirsi del ‘segreto’, sperimentò personalmente con successo e ripeté la scoperta del fosforo, di cui si attribuì il merito (cfr. Johann Kunckel von Löwenstern, *Oeffentliche Zuschrift von dem Phosphoro mirabili und dessen leuchtenden Wunder-Pilulen. Samt angehängten Discurs von dem weyland recht benahmten Nitro, jetzt aber unschuldig genandten Blut der Natur [...] herausgegeben in Wittenberg An. 1678*, Leipzig, 1680 (?), in part. pp. 12-30). In realtà fu Robert Boyle (1627-1691) il primo a pubblicare il protocollo di preparazione e dar conto in modo dettagliato e preciso delle caratteristiche chimiche e fisiche della sostanza (cfr. Robert Boyle, *A Short Memorial of Some Observations Made Upon an Artificial Substance, that Shines without any Precedent Illustration [...] September, 1677* [1678], in *The Works*, edited by Michael Hunter and Edward B. Davis, vol. IX, London-New York, Routledge, 2000, pp. 441-446. Cfr. anche *The Aerial Noctiluca, or Some New Phoenomena and a Process of a Factitious Self-Shining Substance* [1680], in *ibid.*, pp. 265-304 e *New Experiments and Observations Made Upon Icy Noctiluca* [1682], in *ibid.*, pp. 305-341).

condensano rapidamente in gocce di acido chiaro e limpido. Per la dilatazione che il calore provoca nel gas, il livello dell'acqua all'inizio scende, ma risale poi in maniera sensibile. Ottenuto l'innalzamento definitivo e riportato il tutto a temperatura ambiente, Lavoisier estrae la capsula, pesa la materia fosforica restante, calcola la quantità d'aria scomparsa (in termini sia assoluti sia percentuali) e la giudica oscillare fra un quinto e un sesto del totale. Il residuo gassoso è dunque, sotto ogni punto di vista, assai ingombrante. Le cose non cambiano sostituendo all'acqua il mercurio (fatta salva la formazione di fiocchi leggeri e bianchi, in luogo delle gocce) e nulla muta se si diminuisce o si accresce la dose di fosforo. O meglio: se la si aumenta, la combustione cessa più rapidamente, lasciando una quantità notevole di reattivo non ancora bruciato e gas residuo percentualmente invariato. Conclusi i fenomeni, non c'è modo di riattivarli, a meno di sollevare la campana.

Per “passare dalla congettura alla prova”,⁷ la procedura è affinata e l'illustrazione degli *Opuscules* identifica con precisione ogni parte del dispositivo.

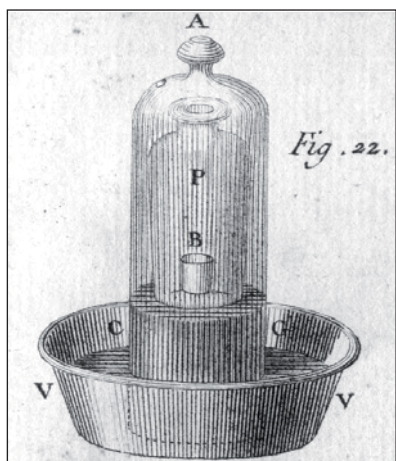


Fig. 2 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. III, fig. 22

La solita quantità di fosforo, contenuta nella capsula (B), è introdotta nella bottiglia di cristallo (P) chiusa con sughero. Il tutto viene pesato, stappato e “immediatamente”⁸ posto sotto la campana (ACG). Si usa mercurio, che viene portato al livello (CG), e quindi si ripete l'accensione del fosforo. Concluso l'assorbimento del gas, si solleva la campana e in pochi secondi la bottiglia è turata e ben pulita. L'intervallo di tempo è così breve che l'aria interna – ritiene Lavoisier – non può essersi “rinnovata”,⁹ se non in quantità del tutto trascurabile. A conti fatti, si conclude che i 6-7 grani di fosforo combusti assorbono 10-12 gradi di “una qualche sostanza”¹⁰ contenuta nell'aria racchiusa e il margine di sicurezza dell'esperienza è considerato troppo ampio perché si possa ragionevolmente dubitare del suo risultato.

Chi conosce i quaderni di laboratorio sa che le cose furono invece assai più complicate (e inevitabilmente meno precise), ma così la vicenda è riassetata per i lettori degli *Opuscules*.

Calcolo ed esperienza escludono che nel corso della combustione il fosforo assorba piuttosto l'acqua diffusa nell'atmosfera. L'aggiunta di vapore non

7. Lavoisier, *Opuscoli fisici e chimici*, cit., p. 210.

8. *Ibid.*

9. *Ibid.*, p. 211.

10. *Ibid.*

prolunga infatti la reazione, né evita la diminuzione del volume dell'aria. Se residuo non combusto e acido fosforico pesano più del reattivo iniziale, ciò avviene in forza di un *quid* che non è l'acqua, che è in grado di mantenere la combustione e di cui appunto diminuisce il volume dell'aria. Resta invece indeciso se il fosforo stabilisca l'esistenza di *porzioni* o piuttosto di *componenti* diverse dell'aria, cioè se il gas residuo sia un fluido elastico costituzionalmente altro da quello consumato, oppure sia una parte di aria comune che è stata modificata dalla reazione (e per questo è diventata inerte). Rimane da capire come “correggere”¹¹ l'aria servita per la combustione del fosforo e come restituirle la proprietà di sostenere la fiamma. Lavoisier ci prova, aggiungendo una percentuale di “fluido elastico delle effervescenze”,¹² ma la candela introdotta si spegne all'istante.

È incrociando gli esiti degli esperimenti sulla respirazione con quelli sulla calcinazione del mercurio che la doppia prova sperimentale stabilisce infine la natura composta dell'aria comune. Il magnete che calamita l'attenzione è notoriamente quel 20% che una terminologia ancora largamente indeterminata definisce volta a volta come “migliore”, “salubre”, “puro”, “vitale” o “respirabile”. Al cono di luce che lo illumina, sulla scena della nuova chimica corrisponde tuttavia il grande spazio oscuro della componente che, con i suoi importanti quattro quinti, spegne i lumi, fa perire gli animali e non reagisce con l'aria nitrosa.¹³ Nel suo comportamento – notano le *Expériences sur la respiration des animaux* (1777) – parecchio tuttavia ancora sfugge.¹⁴

L'aria, dove è confinato un volatile sino alla morte, sembra in realtà subire una diminuzione di volume ben più modesta di ciò che accade nella combustione. Il gas residuo precipita inoltre l'acqua di calce¹⁵ e uno strato d'alcali caustico vi reagisce con effervescenza, perdita di causticità e contrazione del volume gassoso: ma questo è precisamente ciò che avviene in presenza di aria fissa. È sufficiente però togliere quella componente (“acido cretoso aeriforme”)¹⁶ e

11. *Ibid.*, p. 222.

12. *Ibid.*

13. Dopo i test iniziati nel 1772 da Joseph Priestley (Joseph Priestley, *Observations on Different Kinds of Air* “Philosophical Transactions”, 1772, LXII, in part. pp. 210-224), erano ampiamente note le proprietà dell'aria nitrosa (ossido d'azoto) che, mescolata all'aria comune, ne riduceva notevolmente la quantità e produceva una reazione macroscopica di effervescenza con sviluppo di calore e vapori rossastri. Essa invece restava inerte con le arie infiammabili e fissa. Nel caso dell'aria atmosferica la contrazione avveniva a spese della porzione specificamente respirabile. Priestley la quantificò e propose di utilizzare il gas nitroso per misurare la “bontà dell'aria”, direttamente proporzionale alla diminuzione volumetrica riscontrata.

14. Lavoisier, *Expériences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon* [1777], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 174-183. Per il *côté* biochimico delle indagini di Lavoisier cfr. Frederic Lawrence Holmes, *Lavoisier and the Chemistry of Life*, Madison, The University of Wisconsin Press, 1985.

15. Il liquido limpido e alcalino dell'acqua di calce (soluzione acquosa di idrossido di calcio) era usualmente impiegato nei test rivelatori di aria fissa, che infatti lo intorbida con formazione di carbonato di calcio.

16. Lavoisier, *Expériences sur la respiration des animaux*, cit., pp. 178-179.

l'aria espirata si riconduce alla condizione dei noti quattro quinti che residuano dopo l'accensione del fosforo o la calcinazione del mercurio senza intervento del carbone. Quanto accade nei polmoni (e su cui le *Expériences* avanzano ipotesi diverse) aggiunge dunque una variabile allo schema della combustione e problematizza la sorte del consaputo quinto. Bisogna infatti capire come esso agisca nella produzione dell'acido cretoso aeriforme, gas mefitico quanto la mofetta, ma ormai distinto da essa: l'unica, per quanto paradossale ciò possa apparire, il cui ruolo sia già solidamente stabilito, mancando solo di una denominazione univoca. Essa è "un mezzo puramente passivo",¹⁷ che entra ed esce dal polmone senza alterarsi e resta intatta nella combustione. Il residuo gassoso di entrambi i processi (liberato della parte che un tempo si sarebbe detta fissa) ricostituisce infatti l'aria atmosferica se unito ad aria pura in quantità pari a quella andata persa.

Nel *Mémoire sur la combustion du phosphore* (1777) le cose tornano però a complicarsi. Il gas è ora specificato quale "mofetta atmosferica",¹⁸ per evitare ambiguità con altri fluidi elastici mefitici, ma Lavoisier sembra convinto che esso possa (benché raramente) combinarsi e dissolversi nell'acqua, cioè torna a far confusione con il suo eventuale inquinamento da aria fissa (che in effetti è idrosolubile). E non solo. Le difficoltà coinvolgono anche il fosforo. Quando la sua combustione viene ripetuta, sono infatti necessarie quantità via via maggiori di aria pura perché il residuo torni ad avere tutte le caratteristiche dell'aria comune. Beninteso: in combustione il fosforo non ha alcuna azione sulla mofetta, che resta una tipologia di gas di natura sicuramente inerte. È piuttosto l'aria pura che ne risulta sempre contaminata: la quantità è minima, ma aumenta nelle iterazioni, come il test con aria nitrosa è in grado di determinare. Infatti la percentuale di aria pura presente nell'atmosfera è ora calcolata pari a un quarto, ma l'assorbimento da parte del fosforo non supera in genere il quinto del volume e tende forse alla totalità – scriverà successivamente Lavoisier¹⁹ – solo per combustioni ripetute.

Le esperienze, eseguite con Pierre-Simon de Laplace (1749-1827), mostrano però che nel processo respiratorio il volume dell'aria vitale sembra diminuire meno di quanto effettivamente avviene. Ciò può accadere – riconosce il *Mémoire sur la chaleur* (1780)²⁰ – per la presenza di variabili parassite, per eventuali errori di calcolo, quanto per inavvertenze nelle manovre che confinano gli animali.

17. *Ibid.*, p. 182.

18. Lavoisier, *Mémoire sur la combustion du phosphore de Kunckel et sur la nature de l'acide qui résulte de cette combustion* [1777], in *Œuvres*, cit., vol. II, p. 141.

19. Lavoisier, *Nouvelles réflexions sur l'augmentation de poids qu'acquiert, en brûlant, le soufre et le phosphore, et sur la cause à laquelle on doit l'attribuer* [1783], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 616. La prospettiva di questo (più tardo) *mémoire* è tuttavia sottilmente diversa. Lavoisier si riferisce infatti a combustioni del fosforo ripetute in aria vitale (e non atmosferica), della quale esso assorbe "la base", designata ormai come "principe oxygine" (pp. 621-622).

20. Lavoisier – Pierre-Simon de Laplace, *Mémoire sur la chaleur* [1780], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 283-333, in part. pp. 326 e sgg.

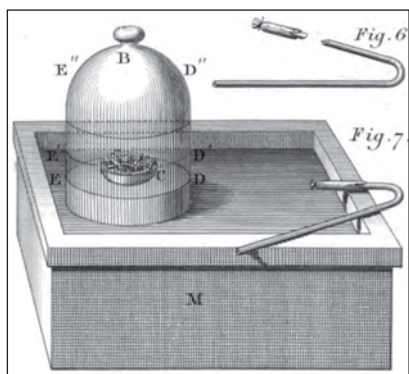


Fig. 3 – Antoine-Laurent Lavoisier – Pierre-Simon de Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. II, tav. II, figg. 6-7

d'entrata, esce con un secondo tubo immerso, per la parte concava, nel metallo liquido – ciò che consente di condensare e quindi catturare i vapori prodotti dalla respirazione. Per l'estremità inferiore esso è collegato a due flaconi successivi contenenti alcali caustico, il quale trattiene (in gran parte già al primo passaggio) l'aria fissa prodotta dall'animale e infatti aumenta di peso. La conclusione è netta: il "cambiamento"²¹ dell'aria pura in fissa è il solo effetto dell'atto respiratorio e, se altri ve ne sono, si tratta di eventi del tutto trascurabili. La funzione si conferma con ciò una combustione lenta, in tutto simile a quella del carbone, se si esclude l'assenza di luce sensibile. La "materia del fuoco"²² viene infatti sprigionata, ma subito assorbita dall'umidità degli organi.

In realtà di lì a poco altri due fenomeni 'produttivi' saranno riconosciuti accadere durante il processo, al termine del quale – precisa Lavoisier – il volume dell'aria espirata è diminuito e il peso è aumentato. Ciò accade perché il passaggio attraverso i polmoni ne estrae idrogeno e "materia carbonica", con i quali l'aria pura forma rispettivamente acqua e gas acido carbonico.²⁴ Quanto alle restanti 75 parti centesime dell'atmosfera, nelle quali non si dà né respirazione né combustione, ad esse si potrebbe finanche sostituire un qualunque altro gas non irritante: combinandolo con l'aria vitale nella giusta percentuale, si avrà un fluido aeriforme salubre quanto l'aria comune. La partita sembra chiusa. L'azoto (come ora Lavoisier denomina univocamente la mofetta atmosferica) è quindi non solo inerte, ma addirittura indifferente. I problemi risolti sul piano teorico si spostano tuttavia a quello operativo.

21. *Ibid.*, p. 319.

22. *Ibid.*, p. 330.

23. *Ibid.*, p. 331.

24. Lavoisier, *Altérations qu'éprouve l'air respiré* [1785], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 676-687, in part. pp. 679-681.

I.2. L'azoto prodotto

La combustione del fosforo non riesce a fornire azoto totalmente privo di ossigeno e non meno problematici, da questo punto di vista, si stanno in generale rivelando tutti i processi di combustione e di calcinazione. La criticità è però euristicamente feconda e infatti una figura di spicco all'interno del partito lavoisieriano come Claude-Louis Berthollet (1748-1822) lavora sulle tecniche produttive e sposta l'attenzione alle materie organiche.²⁵ Alla temperatura ambiente di 18°R,²⁶ un'oncia di fegato animale e sei di acido nitroso ne producono 120 di un fluido elastico che, depurato con l'acqua di calce da una modesta quantità di gas acido carbonico, ha tutte le apparenze della mofetta atmosferica e si comporta come tale. In realtà, se il vaso con la soluzione è riscaldato ai carboni ardenti, nell'effervescenza si sprigiona anche una grande quantità di gas nitroso. Sarà quindi cura dello sperimentatore evitare che il calore eccessivo lo decomponga e – ecco di nuovo un problema di contaminazione – inquinare la mofetta con l'aria vitale. Da quest'ultima, secondo Berthollet, ci si libera comunque applicando il procedimento ideato dal chimico svedese Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), cioè sfruttando l'azione assorbente del fegato di zolfo (solfuro di potassio),²⁷ che appare generalmente assai efficace nella decomposizione dell'aria comune. Altre procedure – dalla combustione del piroforo alla scintilla elettrica, alla dissoluzione dei metalli in acido nitroso – producono mofetta, ma non la separano dal gas nitroso e dall'aria fissa.

25. Claude-Louis Berthollet, *Précis d'observations sur l'analyse animale comparée à l'analyse végétale*, "Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts", 1786, XXVIII, pp. 272-275. Su Berthollet cfr. Michelle Sadoun-Goupil, *Le chimiste Claude-Louis Berthollet, 1748-1822: sa vie, son œuvre*, Paris, Vrin, 1977; Michelle Sadoun-Goupil, *Claude-Louis Berthollet, collaborateur et continuateur (?) de Lavoisier*, in Michelle Sadoun-Goupil (éd.), *Lavoisier et la révolution chimique. Actes du colloque tenu à l'occasion du bicentenaire de la publication du Traité Élémentaire de chimie 1789*, Palaiseau, Sabix-Ecole Polytechnique, 1992, pp. 35-53.

26. In questo, come nella stragrande maggioranza degli scritti che prenderemo in esame, le temperature sono espresse nella scala elaborata da Réaumur, che per primo la propose e secondo la quale i punti di congelamento e di ebollizione dell'acqua erano rispettivamente impostati a 0 e 80 gradi.

27. Berthollet, *Suite des recherches sur la nature des substances animales, et sur leurs rapports avec les substances végétales*, "Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année MDCCLXXXV. Avec les Mémoires de mathématique et de physique pour la même année", Paris, 1788, pp. 331-349, in part. pp. 332-337. Le esperienze di Scheele avevano dimostrato che una soluzione di fegato di zolfo era in grado di determinare una contrazione dell'aria comune oscillante fra un terzo e un quarto del volume di partenza. Il chimico svedese non ne aveva affatto dedotto la scomposizione dell'aria in ossigeno (sparito) e azoto (persistente), quanto la presenza in essa di due fluidi differenti: il primo massimamente disposto ad attrarre flogisto e indispensabile alla combustione (*Feuerluft*), il secondo di natura indefinita, ma comunque privo di attrazione per la materia infiammabile (*verdorbene Luft*). Cfr. Carl Wilhelm Scheele, *Chemische Abhandlung von der Luft und Feuer. Nebst einem Vorbericht von Tornberg Bergman*, Upsala und Leipzig, 1777, in part. pp. 6-29.

Antoine-François de Fourcroy (1755-1809) riprende le indicazioni operative di Berthollet proprio nel primo numero delle “*Annales de Chimie*”, cioè la rivista di cui il gruppo si dota per pubblicare e diffondere ricerche e contributi omogenei alla teoria che sta rivoluzionando la chimica.²⁸ Il metodo è rilanciato e precisato: la maggior produzione di azoto si ha trattando con acido nitrico “indebolito” (cioè nitroso) tre tipologie di materie animali, ma in particolare la parte fibrosa del sangue, che forma il coagulo e si deposita abbondantemente nei muscoli. Ciò che si sprigiona non è – beninteso – l’azoto contenuto nell’acido medesimo, che non viene decomposto nell’operazione ed è saturato dall’alcali. L’acido libera azoto perdendo calorico e legandosi piuttosto ad altri principi della sostanza organica, con i quali ha massima affinità. Il gas così ottenuto deve essere comunque lavato in alcali caustico per togliere i residui di acido carbonico.

Nello stesso primo fascicolo delle “*Annales*” e strategicamente di seguito all’articolo precedente, Fourcroy fa il punto sulle tecniche in uso per la produzione dell’azoto e ne annuncia di nuove e affidabili. Giusto in apertura alle *Observations sur le gaz azote* le sue parole non potrebbero essere più chiare: “l’azoto merita oggi tutta l’attenzione dei chimici”.²⁹ Occuparsene è “importantissimo per l’avanzamento della scienza”,³⁰ quanto scoraggianti sono i risultati sin lì ottenuti con le metodiche correnti. Infatti, malgrado il giudizio assai positivo di Berthollet, il ricordato procedimento di Scheele in realtà non garantisce un assorbimento completo dell’aria vitale, anche prevedendo tempi lunghi e agitando ripetutamente le miscele. L’azoto ottenuto va infatti ancora depurato dall’idrogeno solforato (acido solfidrico) che lo contamina. Persino con il metodo di Berthollet è, del resto, sempre difficile liberarsi completamente dall’acido carbonico. D’altro canto, Fourcroy ridimensiona la fiducia che ha egli stesso riposto nell’azoto scoperto all’interno della vescica natatoria delle carpe.

Per la purezza del prodotto e l’ottima percentuale di successo, altra è la novità vera. Fourcroy mette infatti a frutto la scoperta degli stessi Scheele e Berthollet circa la decomposizione dell’ammoniaca per opera dell’acido muriatico ossigenato. Con un tubo curvo, collega infatti una storta di vetro, collocata sul fornello chimico, a un flacone pieno d’ammoniaca e acqua distillata in percentuale data, dal quale un secondo tubo sbocca nel dispositivo pneumatico, cioè la versione lavoisieriana dell’apparecchio ideato da Priestley³¹ per trasportare

28. Antoine-François de Fourcroy, *Extrait d’un mémoire ayant pour titre, Recherches pour servir à l’histoire du gaz azote ou de la mofette, comme principe des matières animales*, “*Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent*”, 1789, I, pp. 40-46, in part. pp. 40-43.

29. Fourcroy, *Observations sur le gaz azote contenu dans la vessie natatoire de la carpe; et deux nouveaux procédés pour obtenir ce gaz*, “*Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent*”, 1789, I, p. 47.

30. *Ibid.*

31. Per la descrizione dello “pneumatic trough” di Priestley, delle sue diverse versioni e di altri trogoli tradizionali cfr. Lawrence Badash, *Joseph Priestley’s Apparatus for Pneumatic Chemistry*, “*Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*”, 1964, XIX, pp. 139-155.

e manipolare i gas e – come scrive Lavoisier – “diventato assolutamente indispensabile in ogni laboratorio”.³²

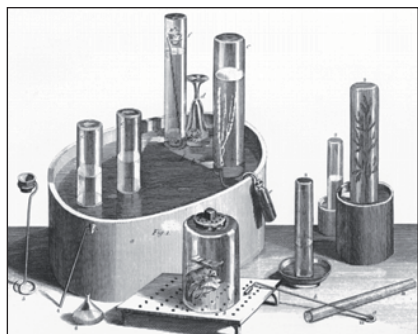


Fig. 4 – Joseph Priestley, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air [...]* The Second Edition, London, 1775, vol. I, frontespizio

Nella storta l'acido solforico concentrato agisce su ossido di manganese e muriato di soda in proporzione necessaria, formando appunto gas acido muriatico ossigenato che, giunto a contatto con l'ammoniaca, produce azoto. Il gas si sprigiona finalmente puro e, sotto il battente dell'acqua, viene raccolto nella campana che sta sulla plancia dello strumento idropneumatico.

Altra via ha seguito – annuncia Fourcroy – Armand Séguin (1767-1835), dal 1789 fra i più stretti collaboratori di Lavoisier nel lavoro sperimentale. La procedura, in questo caso, profitta proprio della contaminazione che spesso si manifesta nell'ossido di manganese.

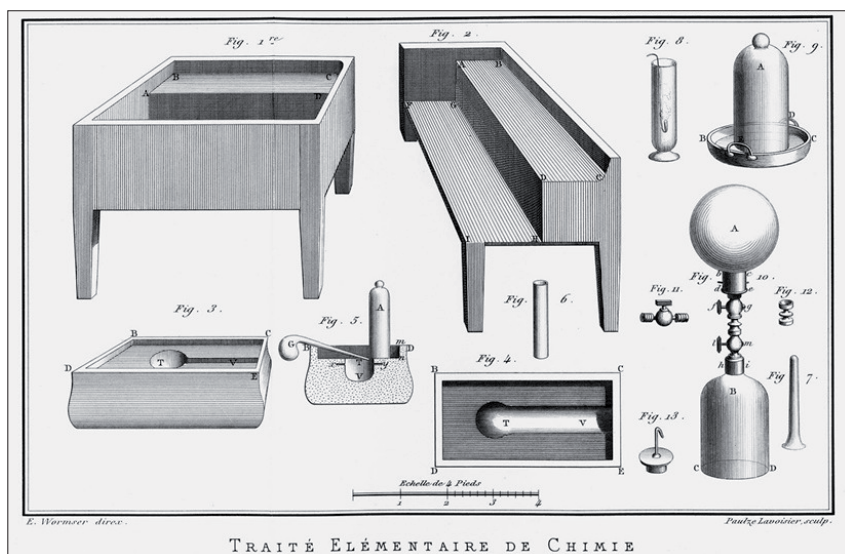


Fig. 5 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. V.

Lo strumento era dotato di una “cuve” di legno (figg. 1-2), foderata di piombo o di rame stagnato e riempita d'acqua sin oltre il piano della “tablette” (ABCD). La fig. 9 rappresenta la “cloche” (A) di cristallo che riceve e contiene le sostanze gassose e può essere trasportata con il “plateau” (BC). L'uso del mercurio richiedeva invece una vasca in marmo (figg. 3-4-5) con l'incavo (TV) per riempire le “cloches” (A in fig. 5)

32. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, cit., vol. I, p. 257. Per la descrizione dell'apparecchio cfr. pp. 257-259.

Se esposta per qualche tempo all'aria comune, la calce (già raramente “purissima” di suo)³³ manifesta infatti la proprietà di attrarre e fissare l'azoto atmosferico, che però può esserne separato riscaldando l'ossido in una storta di porcellana a calore moderato. Sarà sufficiente proseguire nell'operazione e arroventare il contenitore per ottenere invece aria vitale “quasi pura”.³⁴ Nel ‘partito dell'ossigeno’ le novità azotiche sono dunque tutt'altro che irrilevanti. La produzione d'azoto sembra però avvenire anche dove la chimica nuova lo esclude in modo radicale.

Le esperienze del ginevrino Louis Jurine (1751-1819) – chirurgo di formazione, medico e naturalista per vocazione scientifica³⁵ – scompigliano i giochi e dimostrano che, durante la permanenza dell'aria nei polmoni, si forma un nuovo fluido elastico, inerte ai test consueti. La tesi è sviluppata in una memoria che ha per oggetto le applicazioni mediche dell'eudiometria e che nel 1787 vince il premio istituito dalla Société Royale de Médecine di Parigi.³⁶ L'autore dichiara invero la propria neutralità fra i sistemi chimici in campo, non usa la parola azoto (né nel 1787 potrebbe comunque usarla ...) e gioca piuttosto sull'ambiguità del vecchio termine mofetta, col quale indica la parte irrespirabile dell'atmosfera e dell'aria espirata, ma anche gas intestinali ed esalazioni cadaveriche, cioè effluvi tutt'altro che inerti.

Il suo punto di partenza è compatibile con la chimica nuova: l'aria comune è composta al 72% di mofetta e al 28% di aria pura, ma il volume gassoso espirato è inferiore a quello che si inspira. Infatti l'“acido aereo”, che si forma nei polmoni per l'unione del flogisto (o “principio carbonico”) con la base dell'aria pura, è più denso di quest'ultima e occupa meno spazio. Già si vede dunque come Jurine usi contaminazioni rischiose fra nomenclatura (e concetti) flogistici e terminologia lavoisieriana. Bisogna tenerne conto perché ciò connoterà anche la sua analisi del gas emesso da ‘cavie umane’ nelle condizioni più diverse (per età, nutrimento, salute, ecc.).

È innanzi tutto necessario calcolare la quantità di acido aereo che si produce nella respirazione e distinguerla dalla massa imponente della mofetta. Il punto critico è ovviamente la raccolta dell'espirato evitando inquinamenti. A questo proposito, Jurine descrive un “apparecchio portatile”,³⁷ cioè una cassa di latta,

33. Fourcroy, *Observations sur le gaz azote*, cit., p. 50.

34. *Ibid.*, p. 51.

35. Su Jurine cfr. René Sigrist – Vincent Barras – Marc James Ratcliff (éds), *Louis Jurine chirurgien et naturaliste (1751-1819)*, Chêne-Bourg, Georg, 1999.

36. Louis Jurine, *Mémoire sur la question suivante, proposée par la Société de Médecine: Déterminer quels avantages la médecine peut retirer des découvertes modernes sur l'art de connoître la pureté de l'air par les différens eudiomètres*, “Histoire de la Société de Médecine, année 1789; avec les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale”, 1797, X, pp. 19-99. Per una rilettura recente della storia dell'eudiometria e indicazioni bibliografiche aggiornate cfr. Pere Grapè, *Inspiring Air. A History of Air-Related Science*, Wilmington, Vernon Press, 2019.

37. Jurine, *Mémoire*, cit., p. 27.

di dimensioni date, sul fondo della quale è saldata al centro una rondella, destinata ad alloggiare il collo di una bottiglia e scalfata per tre quarti di cerchio. La scalfatura ospiterà il tubo di vetro che apporta l'aria respirata, mentre dalla parte opposta una traversa trattiene lo stesso collo della bottiglia, il cui fondo è inoltre fissato da un alloggiamento egualmente di latta, ben legato alle pareti della cassa. Poiché l'aria fissa è idrosolubile, bisognerà evitare che il gas passi attraverso l'acqua e a tale scopo è progettato e collocato un tubo piegato in modo tale che, da un lato, tocchi il fondo della bottiglia e, dall'altro, sia dotato di rubinetto.

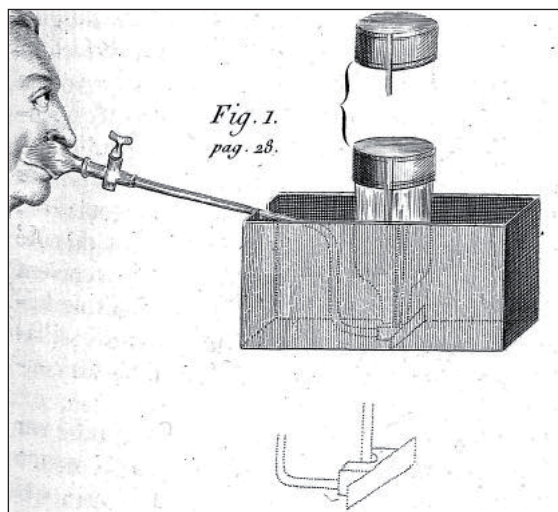


Fig. 6 – Louis Jurine, *Mémoire sur la question suivante, proposée par la Société de Médecine: Déterminer quels avantages la médecine peut retirer des découvertes modernes sur l'art de connoître la pureté de l'air par les différens eudiomètres*, "Histoire de la Société de Médecine, année 1789; avec les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale", 1797, X, fig. 1

tappata accuratamente con un vetro smerigliato. La procedura – insiste l'autore – possiede un doppio vantaggio, che non si ritrova in nessun'altra metodica: è sicura (evita la contaminazione del gas uscito dal polmone) e di facile esecuzione (non richiede a chi la esegue l'assistenza di altri collaboratori).

Immediatamente dopo, e quasi a smentire la certezza di cui fa mostra, Jurine descrive (ma non illustra) un ulteriore protocollo, che utilizza il mercurio, con il quale è riempito un tubo di altezza e diametro noti. Sotto l'orifizio dell'estremità immersa nel liquido, il medico fa passare il primo ramo di un sifone, mentre l'altra è tenuta al livello del mercurio. Con la punta della lingua (!) la cavia tappa il foro per impedire l'ingresso all'aria esterna e reggere la colonna del metallo liquido. Tubo e sifone vengono quindi leggermente sollevati: in tal modo l'inspirazione può avvenire senza che naso e bocca affondino nel mercurio e quest'ultimo opporrà

Arduo, sulla scorta sia della descrizione sia dell'immagine, ricostruire davvero l'apparecchio e non meno complicato è riprodurre le manovre che Jurine dettaglia di seguito. La cassa è riempita d'acqua sino a metà, quindi vi è immersa la bottiglia capovolta, il cui collo viene flesso per introdurre il tubo con la valvola serrata. Aperta quest'ultima e aspirata l'aria, l'acqua sale e il liquido occupa l'intero dispositivo. La cavia umana espira, l'aria riempie del tutto la bottiglia e il rubinetto, che è immediatamente chiuso, intercetta ogni comunicazione con l'aria esterna – o così almeno assicura Jurine. Il tubo viene ritratto, inclinando quanto basta la bottiglia, che è poi

meno resistenza all'entrata dell'aria. Si ammette invero che le manovre richiedono notevole apprendistato e grande attenzione a chi le esegue. È infatti estremamente importante che dal tubo mercuriale sia escluso ogni residuo d'aria comune anche nell'istante in cui esso viene sollevato per facilitare l'espiazione. Il gas riempie infine un piccolo contenitore ed è quindi travasato in tubi minori graduati.

Comunque siano andate davvero le cose, Jurine attende che tutto si riporti a temperatura ambiente e quindi pratica i test della fiamma, dell'acqua di calce e del gas nitroso. I risultati vengono riassunti in tabelle e per ogni campione si danno le percentuali di produzione o consumo dei vari gas dopo l'azione dei reattivi.

36 MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ	
<i>Neuvième Expérience faite avec la même jeune fille de dix ans, sur l'air de sa respiration, reçu sous le mercure et sous l'eau, à huit heures du soir.</i>	
1.° L'eau de chaux a absorbé d'une mesure de cet air reçu sous le mercure.....	$\frac{6}{178}$
2.° Produit de l'air commun.....	0,99
3.° Produit du mélange d'une mesure d'air nitreux avec une de l'air du poumon, reçu sous le mercure.....	1,09
4.° Produit du même mélange dont on avoit soutiré l'air fixé par l'eau de chaux.....	1,09
5.° Produit du même mélange avec l'air de la respiration reçu sous l'eau.....	1,29
<i>Dixième Expérience à comparer avec la neuvième, faite sur l'homme de trente-six ans.</i>	
1.° L'eau de chaux a absorbé.....	$\frac{6}{170}$
2.° Produit.....	0,99
3.° Produit.....	1,04
4.° Produit.....	1,03
5.° Produit.....	1,12
<i>Onzième Expérience à comparer avec la neuvième, faite sur la même femme de soixante-deux ans.</i>	
1.° L'eau de chaux a absorbé.....	$\frac{11}{170}$
2.° Produit.....	0,99
3.° Produit.....	1,13
4.° Produit.....	1,12
5.° Produit.....	1,24
On voit ces produits varier, soit dans la quantité d'air fixe, soit dans la dose de phlogistique contenu dans l'air de la respiration; et il me paroît très-vraisemblable de supposer qu'ils doivent varier à raison de la disposition instantanée et individuelle: en général, tout ce qui accélérera la circulation du sang augmentera la sécrétion du phlogistique.	

Fig. 7 – Louis Jurine, *Mémoire sur la question suivante, proposée par la Société de Médecine: Déterminer quels avantages la médecine peut retirer des découvertes modernes sur l'art de connoître la pureté de l'air par les différens eudiomètres*, "Histoire de la Société de Médecine, année 1789; avec les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale", 1797, X, p. 36

Nel caso del test ad aria nitrosa i dati sono sensibilmente differenti a seconda che i fluidi elastici siano stati raccolti sotto il battente dell'acqua o del mercurio. La prova della fiamma conferma la divergenza, ma non innesca dubbi di contaminazione e apre piuttosto la strada all'assunto principale di Jurine. La quantità d'aria raccolta con il metallo liquido – si osserva – è senz'altro inferiore a quella necessaria per riempire la bottiglia sommersa nell'acqua. Quest'ultimo caso costringe perciò la cavia a una espiazione di maggior potenza, cioè richiama gas da vie respiratorie più profonde. Ma l'aria che esce per prima dal torace è "meno viziata"³⁸ rispetto a quella che soggiorna più a lungo all'interno del polmone (o viene più volte respirata), caricandosi tanto più di flogisto. E a questo punto, secondo Jurine, i conti tornano.

La circolarità dell'argomento è in realtà evidente e il linguaggio è ambiguo, ma soprattutto gli esiti delle esperienze mostrano che l'aria

38. *Ibid.*, p. 32.

fissa non è il solo prodotto della respirazione e che la sua quantità non varia proporzionalmente all'assorbimento dell'aria vitale. Oltre ad essa, si genera un altro fluido aeriforme che non è solubile in acqua e non reagisce al gas nitroso. Infatti – rimarca Jurine – se applichiamo quest'ultimo reattivo all'aria comune e all'espirsto, i risultati, che – al netto di ossigeno e aria fissa – dovrebbero essere conformi, non lo sono. Nel secondo caso in effetti appaiono “più viziati”, evidentemente per la presenza di “un altro principio aereo” che diminuisce “il grado di bontà” dell'aria.³⁹ Le cose non cambiano se si respira pura aria vitale, avendo preliminarmente escluso dai propri polmoni ogni residuo di mofetta ed evitato di inspirare aria comune. Tutto ciò confligge con i principi della chimica nuova, ma Jurine *non* ne conclude quanto a questo punto parrebbe inevitabile concludere, cioè l'aumento della percentuale azotica.

Vengono piuttosto distinti due prodotti dell'atto respiratorio – l'acido aereo e l'“aria flogisticata” – in funzione della diversa percentuale di flogisto assunto dal sangue, determinata dall'intensità del contatto col sangue medesimo: ovviamente maggiore nelle ultime diramazioni bronchiali, dove l'aria si troverà appunto “supersaturata” di flogisto,⁴⁰ ben al di là di quanto è richiesto da ciò che si definisce acido aereo. Qualcosa tuttavia non quadra. Dai dati delle esperienze sembra infatti che la fase della maggior flogisticazione dell'aria vitale sia anche quella della minor produzione di aria fissa. Jurine, che a questo punto rammenta di essere medico e medico impegnato formalmente alle applicazioni mediche dell'eudiometria, si toglie dal dedalo in cui teme di perdersi e che lascia volentieri al chimico professionale. Gli basta (!) aver stabilito che tra il momento della formazione dell'acido aereo e quello della formazione dell'aria flogisticata si dà distinzione esatta e che per la decomposizione respiratoria dell'aria vitale si generano due fluidi elastici differenti.

La seconda parte della memoria rilancia e affronta l'analisi del gas che, traspirato dall'epidermide, Jurine riesce fortunatamente a raccogliere in flaconi fissati al proprio corpo. Una volta riempiti, essi sono chiusi con tappi di vetro smerigliato e capovolti nel mercurio, dove restano per riacquistare la temperatura ambiente. Sotto il battente del metallo liquido, il gas è finalmente trasferito per essere analizzato nell'eudiometro “di Fontana” ad aria nitrosa.⁴¹ I

39. *Ibid.*, p. 41.

40. *Ibid.*, pp. 42-46.

41. *Ibid.*, p. 56. Nelle ricerche citate e nei dispositivi realizzati da Priestley era in nuce l'idea dell'eudiometro, quale strumento per analizzare i gas sfruttando la peculiarità dell'aria nitrosa, attiva sulla porzione respirabile dell'atmosfera e inerte sugli altri fluidi elastici. Felice Fontana (1730-1805), direttore del Reale Gabinetto di Fisica e Storia Naturale di Firenze, progettò e descrisse il funzionamento di ben otto eudiometri: quattro rilevavano il peso del mercurio prima e dopo la reazione e quattro erano volumetrici, cioè dotati di un tubo verticale di vetro con rubinetto (o comunque la possibilità di maneggiare la colonna di mercurio) e collegato all'estremità dei recipienti contenenti il gas da miscelare con l'aria nitrosa (cfr. Felice Fontana, *Descrizione, ed usi di alcuni stromenti per misurare la salubrità dell'aria*, Firenze, 1775). La denominazione di “eudiometro” fu invece coniata nel 1775 dal chimico milanese Marsilio Landriani (cfr. Marsilio Landriani, *Ricerche fisiche intorno alla salubrità dell'aria. Con un articolo di Alessandro Volta*

test indicano che la pelle emana acido aereo (ma non aria flogisticata) e quindi in essa (o sotto di essa) bisogna ammettere che avvenga qualcosa di simile a quanto succede nel polmone. Il punto è rilevante e convince Jurine circa la necessità di ripetere le esperienze con strumentazione apposita. Predisporre infatti un manicotto di vetro di capacità data, dotato di termometro e terminante a imbuto, adatto a ricevere un braccio umano e a serrarlo con appositi isolanti. All'imboccatura opposta rispetto a questa maggiore, si adatta un tappo, che ospita un tubo curvo, di diametro noto, immerso nella vasca del dispositivo pneumatico. Le connessioni fra i vari pezzi sono tutte adeguatamente saldate e lo strumento è pronto per verificare se, quale e quanto gas emani dalla pelle, escludendo dal computo la prima aria che esce dal tubo e che corrisponde a quella spostata dall'introduzione del braccio. Il termometro sale, il gas aumenta di volume e perciò, non potendo essere contenuto nel manicotto, entra nel tubo e da qui sbocca in una provetta graduata, già piena d'acqua e posta sulla plancia dell'apparecchio pneumatico. Terminata l'ascensione della temperatura, il livello dell'acqua resta solo per pochi istanti stazionario e quindi cresce come se il braccio avesse non già prodotto, ma assorbito. La situazione è tuttavia troppo complicata dall'intreccio di troppe variabili perché il fatto, pur ricorrente, possa – ammette Jurine – essere sicuramente dimostrato. Si sostituisce quindi alla provetta una piccola bottiglia piena d'acqua di calce e si riscalda l'aria, che vi passa in grosse bolle e intorbida leggermente il reattivo. A questo punto però la situazione si ingarbuglia non poco: Jurine tratta il gas in questione con aria nitrosa e, contro ogni verosimiglianza, sostiene di liberarlo in tal modo dall'acido aereo e di ricondurlo quindi ai valori dell'aria atmosferica. Al netto del possibile refuso, il medico di Ginevra conclude che la pelle è anch'essa luogo di elaborazione dell'aria pura, con esiti simili a quelli della respirazione polmonare.

Jurine si lancia nel calcolo dell'aria fissa prodotta dalla cute (sostituendo il mercurio all'acqua) e tenta di quantificare il “mefitismo”⁴² delle esalazioni prodotte dai malati e da organi espianati o in decomposizione. Quindi sposta l'inchiesta ai fenomeni similmente produttivi che avvengono all'interno del corpo. Analizza infatti il gas intestinale nel vivo e nel cadavere, ma si dichiara egli stesso insoddisfatto delle procedure adottate, che non hanno alternative al trasporto sotto il battente dell'acqua. Le manovre sono difficili, non garantiscono dalla contaminazione e però indicano ovunque (e particolarmente nel post mortem) surplus di quel fluido elastico che non è assorbito dall'acqua e spegne la fiamma: mofetta da disambiguare (semanticamente e non solo) con strumenti concettuali e materiali che il medico di Ginevra non sembra però possedere.

sull'eudiometria [1775], introduzione e cura di Marco Beretta, Firenze, Giunti, 1995, p. 66). Sull'ambiguità della denominazione, fece sicuramente premio la sua capacità di sintesi tra la natura fisico-chimica e la vocazione bio-medica, potenzialmente illuminata, delle applicazioni realizzabili. Infatti il nome resistette anche alla rivoluzione lavoisieriana. Con l'eudiometro, la nuova chimica misurerà per differenza la percentuale d'ossigeno presente nei campioni da analizzare.

42. Jurine, *Mémoire*, cit., p. 72.

Il saggio di Jurine sarà pubblicato nei *Mémoires* della Société de Médecine e, poiché il tomo del 1789 uscirà solo otto anni dopo, le sue tesi circolano piuttosto grazie a Jean-Noël Hallé (1754-1822) che, nell'articolo "Air" dell'*Encyclopédie méthodique* (1787),⁴³ le riporta largamente, le traduce, per quanto possibile, nelle parole della nuova chimica e ne coglie finanche alcune debolezze di procedura. Nella miscela di azoto e gas acido carbonico che costituisce l'espirsto, Jurine – si nota – ha senz'altro cura di distinguere i valori rispettivi e quindi di misurare la sola mofetta. Tuttavia per raccogliere l'aria di un'intera respirazione (cioè disporre di un notevole volume gassoso) è anch'egli costretto a trasportare il gas in contenitori più grandi (le consapute bottiglie) e a farlo sott'acqua, che – Jurine lo sa benissimo e più volte lo dichiara – toglie l'aria fissa e falsa i risultati. È vero che l'autore anticipa l'obiezione tenendo conto della percentuale di gas acido carbonico che sarebbe ordinariamente presente, se l'acqua non l'avesse assorbita. Il sospetto di criticità però resta, dato che proprio in questi maggiori quantitativi si verifica il problematico surplus di gas inerte. Troppa – nota inoltre il recensore – è comunque la fiducia che Jurine nutre nei confronti del test ad aria nitrosa, che assorbe l'ossigeno residuo, ma contiene a sua volta una quantità di azoto che può travisare i conti. Il collega di Ginevra, inoltre, non dice alcunché circa la tecnologia produttiva impiegata: e invece la qualità del gas nitroso usato è notoriamente difficile da standardizzare. Per assorbire del tutto l'ossigeno, funziona molto meglio il fegato di zolfo – ma qui è forse l'autore della voce "Air" a sopravvalutarne le potenzialità. Quanto al rischio di contaminazione, cui sono soggetti i campioni dei gas provenienti dal canale alimentare, la cosa è ben presente allo stesso Jurine, Hallé la evidenzia, ma sottolinea anche l'assoluta originalità del protocollo.

L'operazione di maggior effetto condotta dall'*Encyclopédie méthodique* è tuttavia un'altra ed è quella che costringe a forza le tesi del medico svizzero nel sistema di parole, che è sistema di concetti, della nuova chimica. Hallé formalmente riassume, ma di fatto produce una sorta di 'meta-narrazione'. In apparenza l'articolo fa emergere quanto Jurine non ha mai *esplicitamente* sostenuto, ma per cui sarà poi generalmente ricordato: di fatto è *invece Hallé* che, dai risultati delle analisi ginevrine, *costruisce* la crescita dell'azoto a seguito della respirazione. L'estensore della voce enciclopedica riconosce in verità che questa non è la terminologia usata dal collega: ma come definire altrimenti un fluido elastico che Jurine stesso dimostra non idrosolubile, non infiammabile né attivo con il gas nitroso? La quantità di acido aereo di cui l'aria si carica nella respirazione resta più o meno la stessa durante le varie fasi, ma un aumento macroscopico

43. Jean-Noël Hallé – Antoine-François de Fourcroy – Louis Cotte, *Air*, in *Encyclopédie méthodique. Médecine. [...] mise en ordre et publiée par M. Vicq d'Azyr*, vol. I, Paris-Liège, 1787, pp. 492-590, cfr. in part. pp. 493-501; 511-517. Il lungo item è a firma sia del medico Jean-Noël Hallé (1754-1822), che difenderà Lavoisier al processo davanti alla Convenzione (pp. 492-569), sia di Fourcroy (pp. 575-579) e di Louis Cotte (1740-1815), naturalista e meteorologo (pp. 579-590). La sezione compresa fra le pp. 569-575 non è attribuita. Hallé è dunque l'autore proprio delle parti che riprendono e presentano la memoria di Jurine.

d'azoto (che viene dunque identificato con l'aria flogisticata di Jurine) sarebbe segnalato dalla riduzione percentuale dell'ossigeno e si verificherebbe nel caso di un gas che, per qualsivoglia ragione, resta più a lungo nel polmone. D'altra parte, ciò che aumenta il movimento del sangue (cioè la digestione, l'esercizio fisico o la febbre) incrementa la quantità di gas acido carbonico (cioè l'acido aereo di Jurine). Fra le condizioni che determinano i due rispettivi accrescimenti non c'è dunque relazione formalizzabile e la proporzione tra permanenza dell'aria negli organi e crescita dell'acido aereo sembra anzi inversa rispetto a quella che si applica alla mofetta. Nulla di simile si verifica invece nel fluido elastico traspirato dall'epidermide, che altri già hanno avuto idea di raccogliere sotto il battente dell'acqua. Il dispositivo di Jurine è però – riconosce Hallé – totalmente originale e l'unico neo è dato semmai dalla mancata sperimentazione in puro ossigeno. Anche nel caso dei gas emessi dall'apparato digerente, l'articolo 'traduce' con azoto il gas di Jurine, fra l'altro in essi presente con percentuali ben superiori a quella dell'aria atmosferica (pure al netto di manovre e procedimenti analitici ad altissimo rischio d'inquinamento).

L'interpretazione è indubbiamente intrigante e finisce per suscitare suggestioni non poco arrischiate nello stesso Hallé, che per altro ben conosce e apprezza le tesi di Lavoisier, pur escludendo proprio la completa identità di respirazione e combustione. I giochi si riaprono: l'aria vitale che scompare nella respirazione forma dapprima gas acido carbonico e quindi surplus d'azoto – o azoto *tout court*, se l'esperimento avviene in puro ossigeno. Le osservazioni di Jurine sembrano indicare che, appartenendo entrambi i fluidi elastici al lato 'produttivo' del processo, la base dell'ossigeno possa entrare nella formazione dell'uno come dell'altro, magari in proporzioni differenti e combinazioni particolari. Esse non dimostrano, ma danno abbondanti indizi del fatto che questa mofetta in uscita dai polmoni è identica all'azoto atmosferico. E in direzione non remota vanno – secondo l'articolo "Air" – le osservazioni di Fourcroy sulle "mofette animali" che, lasciate a lungo sotto le note campane del laboratorio chimico, vi depositano una materia nera e carbonacea.⁴⁴ Operino esse quali dissolventi o come costitutive del carbone/carbonio, la conclusione è decisamente inquietante.

In fermento è del resto l'intera comunità lavoisieriana. Lo stesso Fourcroy, per esempio, studia fluidi elastici che non reggono la respirazione e ciò non di meno possono addirittura "facilitare" la combustione.⁴⁵ Tale è infatti il gas acido muriatico ossigenato, che sostiene la fiamma, ma non la vita. Ovviamente il fluido elastico non deve essere inquinato – nota Fourcroy – e ciò si ottiene scartando le prime bolle prodotte dalla combinazione di ossido di manganese

44. *Ibid.*, p. 497.

45. Fourcroy, *Mémoire sur la combustion de plusieurs corps dans le gaz acide muriatique oxygéné*, "Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année MDCCLXXXVIII. Avec les Mémoires de mathématique et de physique pour la même année", Paris, 1791, pp. 365-375, in part. p. 365.

e acido muriatico (contaminate di gas acido carbonico e azoto). Ecco che in esso il fosforo brucia, deflagra e si genera acido a temperatura impossibile per il puro ossigeno e per la stessa aria comune. La cosa può sembrare sconcertante e invece, considerando la natura del gas e lo stato nel quale vi si trova l'ossigeno, essa non intacca la coerenza della chimica nuova. Semmai – ammette Fourcroy – l'evento ripropone fenomeni sui quali l'attenzione dei lavoisieriani si è esercitata troppo poco: in primis quelli luminosi. Per come è combinato nell'acido muriatico, l'ossigeno vi perde infatti parte della luce che contiene, mentre assai “compresso”⁴⁶ vi risulta il calorico. Ciò lo rende più vicino alla densità del fosforo e consente quindi la combustione di quest'ultimo anche a bassa temperatura, cioè prima che il reattivo sia “diviso” per opera del calore.⁴⁷ La combinazione con il gas sarà perciò più facile e più facilmente il fosforo ne libererà le porzioni di luce e calorico.

I.3. Inerte, indifferente, ingombrante

Nel *Premier mémoire sur la respiration des animaux* (1789)⁴⁸ Lavoisier e Séguin presentano la composizione dell'aria come verità ormai assodata, provata per procedure rapide e facili, nonché recepita in modo omogeneo e diffuso. Di contro, e convergente con le inquietudini presenti anche all'interno della *coterie*, ecco invece la necessità di argomentare, ribadire e articolare l'analogia fra respirazione, combustione e ossidazione per punti comuni e aspetti peculiari. In tutte c'è decomposizione dell'aria atmosferica con rilascio di una porzione del suo calore specifico e in tutte, dopo il lavaggio con alcali caustico, c'è lo stesso residuo azotico, che non è prodotto dell'operazione, ma parte costitutiva preesistente. Le esperienze condotte sui prediletti porcellini d'India – docili, forti e abbastanza grossi per produrre sull'aria alterazioni sensibili in breve tempo – mostrano che la quantità di calorico sviluppata dagli animali è tuttavia maggiore di quella che dovrebbe risultare dall'acido carbonico formato nella respirazione. Quest'ultima non può limitarsi perciò a una combustione di carbonio e la caccia è aperta a un secondo combustibile, che viene individuato nell'idrogeno contenuto nel sangue. L'effetto specifico della respirazione è quindi estrarre da quest'ultimo porzioni di entrambe le sostanze e depositarvi il calorico che si sviluppa quando l'aria vitale inspirata si combina con esse formando gas acido carbonico e acqua.

La procedura sperimentale si modifica. La campana di confinamento contiene aria vitale e gli specimina vi entrano passando attraverso l'acqua, ma per l'azione dell'alcali, collocato nel supporto degli animali, formazione e rimo-

46. *Ibid.*, p. 371.

47. *Ibid.*, p. 373.

48. Lavoisier – Armand Séguin, *Premier mémoire sur la respiration des animaux* [1789], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 688-703.

zione del gas acido carbonico sono pressoché contestuali. Se, come accade, l'esperienza si prolunga, l'ossigeno assorbito viene regolarmente rimpiazzato e altrettanto si fa con l'alcali, quando è prossimo alla saturazione. Che qualunque gas innocuo possa sostituire l'azoto (di cui *apertis verbis* si ribadisce l'invarianza) era tesi teoricamente sostenibile, diventa ora verità sperimentale provata. Le cavie sono confinate in una miscela di ossigeno e idrogeno, dove pure quest'ultimo entra ed esce senza alcuna modificazione. L'iterazione sull'uomo amplia poi la raccolta dei dati alle situazioni particolari della digestione, del movimento e della malattia, che s'instaura per eccesso o carenza di carbonio e di idrogeno. Appare dunque di nuovo la possibilità dello squilibrio, ma su questo punto il saggio tace le sorti dell'azoto. La vicenda dell'aria inspirata che, passando per i polmoni, perde idoneità alla funzione e diminuisce di volume diventa invece punto centrale nella seconda memoria sulla respirazione che, esposta all'Académie des Sciences nella primavera del 1791, resta però inedita sino al 1814.⁴⁹

L'attenzione si focalizza in primis sul gas acido carbonico e l'azione negativa che esso esercita sull'economia animale. Gli specimina vi sono pre-confinati, affinché nei polmoni e nel pelo non restino tracce di azoto atmosferico. Vengono quindi fatti passare attraverso l'acqua della vasca pneumatica per entrare nella campana di vetro contenente un volume gassoso determinato. La tecnologia produttiva dei fluidi elastici è regolarmente dichiarata – segno tangibile di quanto ansiogene siano le tante possibilità di contaminazione. L'idrogeno è prodotto da limatura di ferro in acido solforico diluito, l'ossigeno da muriato sovraossigenato di potassio o da ossido di manganese riscaldato, ma non dalla calce mercuriale, tradizionalmente considerata ottima, e nella quale è invece difficilissimo liberarsi del tutto dalle particelle di mercurio. Al fosforo in combustione, al gas nitroso e ai solfuri va il compito di analizzare l'alterazione del fluido espirato, dopo di averlo ricondotto (se già non lo è) a temperatura e pressione normale. Sostituire dunque idrogeno all'azoto, o introdurre quantità di idrogeno in puro ossigeno, non è di particolare incomodo per l'animale, non muta la quantità di ossigeno consumato né comporta assorbimento dell'idrogeno medesimo. Aumentare la percentuale di acido carbonico, diminuendo quella dell'ossigeno, conduce invece all'asfissia, dalla quale è tanto più difficile far riprendere le cavie, quanto maggiore è il tempo di esposizione al fluido nocivo. Esperimenti di controllo vengono quindi eseguiti con alcali caustico, collocato in supporti di architettura complessa, e ad esso, opportunamente agitato, va il compito di assorbire l'acido carbonico via

49. Lavoisier – Séguin, *Second mémoire sur la respiration* [1791], “Annales de Chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la pharmacie”, 1814, XCI, pp. 318-334. Benché il saggio risulti firmato da entrambi gli scienziati e riporti esperienze comuni, la stesura fu essenzialmente opera di Séguin, che scrive in prima persona e cita l'uso del “mio eudiometro a fosforo” (p. 322), per il quale cfr. *infra*, pp. 37-39.

via che si forma. Nello stato di salute, i medesimi effetti dell'aria vitale sono prodotti da qualsiasi fluido elastico respirabile che ne contenga una quantità sufficiente per 'bruciare' il 'combustibile' presente nel sangue. La porzione di ossigeno eccedente risulta essa stessa "assolutamente *inerte*".⁵⁰ Come si vede, il contesto 'biochimico' ridefinisce in modo assai interessante soggetti attivi e passivi.

Il *Traité élémentaire* (1789) impone la massima semplificazione del contesto sperimentale e quindi bandisce l'azoto:

È ben vero che il gas azoto [...] sembra essere puramente passivo nelle calcinazioni e nelle combustioni; ma, dato che esso le rallenta e non è neppure impossibile che in talune circostanze ne alteri i risultati, mi è parso necessario bandire questa causa d'incertezza.⁵¹

Il gas per definizione indifferente e inerte diventa la variabile che complica inutilmente il quadro e che è quindi da escludere senz'altro. Il *Traité* – dichiara l'autore – darà estesamente conto delle esperienze di combustione del fosforo in puro ossigeno: e questa (non l'aria atmosferica) è assunta come condizione 'normale'. In essa si produce acido (pesante quanto il fosforo bruciato e l'ossigeno assorbito) e fiamma brillante (cioè luce/calore) e dal fosforo nulla sfugge che possa contaminare il gas. Della combinazione con azoto si dirà solo per quanto determina anomalie, cioè ritarda e impedisce. La combustione infatti comporta e richiede esclusivamente la presenza di ossigeno e di un corpo con il quale esso abbia maggior affinità che con il proprio calorico. Avviata la combustione (alla temperatura proporzionata al grado di affinità del combustibile), sarà il calorico sprigionato dall'ossigeno a mantenere la reazione. Attenzione minore è rivolta al fatto macroscopico per cui la fiamma non è solo calore. Per formare ossigeno – aveva infatti già avanzato Berthollet – "è necessaria luce": il "calore oscuro" non basta.⁵² La luce – azzarda ora lo stesso Lavoisier – potrebbe essere uno dei "principi costituenti"⁵³ dell'aria vitale. Ma la cosa non ha seguito.

Le descrizioni della combustione del fosforo danno la misura di quanto il *Traité* riprenda, elabori e infine stacchi, per formalizzazione e affinamento della tecnica, i singoli interventi precedenti.

50. *Ibid.*, p. 333 – corsivo nostro.

51. Lavoisier, *Traité*, cit., p. 50. Sull'azoto, il fosforo e i connessi fenomeni di combustione cfr. in particolare pp. 50-55; 150-151; 340-344; 355-365. Per la ripresa e la diffusione degli esperimenti, dei calcoli e delle procedure di Lavoisier, è fondamentale l'azione svolta di concerto da Fourcroy con la terza edizione, dichiaratamente antiflogistica, dei suoi *Eléments d'histoire naturelle et de chimie* (Paris, 1789). Cfr. anche il *Traité élémentaire ou principes de physique, fondés sur les connoissances les plus certaines tant anciennes que modernes, et confirmés par l'expérience* (Paris, 1789) di Mathurin-Jacques Brisson (1723-1806), opera di schieramento lavoisieriano, nonché di larga presa e diffusione.

52. Lavoisier, *Traité*, cit., p. 364.

53. *Ibid.*

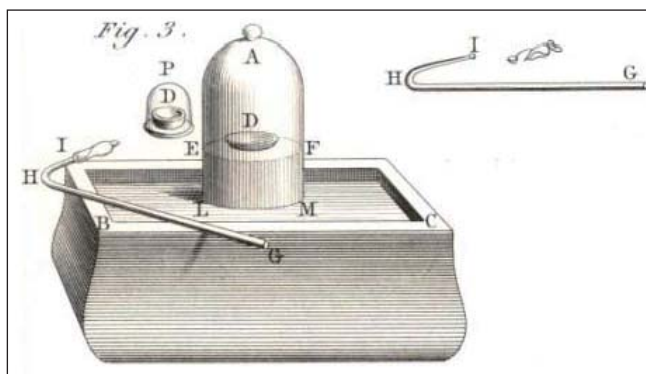


Fig. 8 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. IV, fig. 3

La solita campana è riempita d'ossigeno sotto il battente dell'acqua e, una volta rasa, viene trasportata sul noto apparecchio pneumatico a mercurio, di cui si asciuga bene la superficie con carta assorbente già immersa anch'essa nel liquido, affinché l'aria comune non inquina la scena sperimentale. Per mezzo

di una capsula (D), coperta da un'altra (P), che è poi ritratta, anche il combustibile passa attraverso il metallo liquido oppure, in alternativa, l'orlo della campana viene, sia pur rapidamente, sollevato. L'esattezza dell'esperimento, secondo Lavoisier, non riesce infatti ad essere guastata dall'aria atmosferica che, in quell'attimo, potrebbe pur penetrare. Con un sifone (GHI) si asporta una modesta quantità d'ossigeno, prevedendo la dilatazione che il calore determinerà all'inizio: da sotto la campana si avrebbe altrimenti una fuoriuscita del gas e ogni calcolo successivo ne sarebbe falsato. I dettagli sono vitali e all'estremità (I) del sifone viene attorcigliato un piccolo pezzo di carta, affinché il mercurio non vi entri. Aspirando, o meglio azionando una piccola pompa applicata al sifone, si eleva il livello del mercurio per quanto è necessario (e non oltre i normali 28 pollici – cioè i canonici 76 cm). Un ferro rovente passa sotto la campana, tocca il fosforo e ciò è sufficiente per accenderlo. Il liquido scende dapprima e poi risale in fretta (a causa del veloce assorbimento dell'ossigeno) al punto che la quantità di combustibile va ben commisurata alle dimensioni della campana, per evitare che la capsula si avvicini troppo alla sommità e il calore provochi la rottura del dispositivo. Con questo protocollo è però impossibile – ammette Lavoisier – dimostrare che il peso dell'acido formato è pari alla somma di fosforo e ossigeno assorbito. E ciò induce a praticare anche apparecchi diversi.

Lo strumento specificamente previsto per il fosforo è costituito da un pallone (A) di cristallo o di vetro trasparente, con apertura da sigillare per mezzo della placca metallica (EF), che dà adito a tubi (yyy) e (xxx) dotati di rubinetto. Si introduce il supporto (BC) sormontato dalla capsula di porcellana (D) contenente il reattivo, si sigilla accuratamente e quindi si pesa il tutto. Ai tubi viene adattata una pompa pneumatica che fa il vuoto (o a dir meglio una rarefazione dell'aria assai spinta).

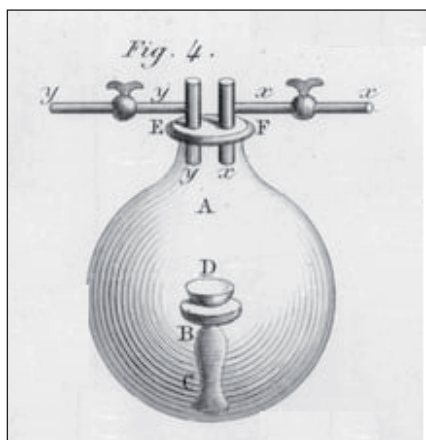


Fig. 9 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. IV, fig. 4

Aprendo la valvola, si immette ossigeno per mezzo del gasometro⁵⁴ e il minerale, acceso con una lente ustoria, arde rapidamente, fornendo una grande quantità di fiocchi bianchi d'acido fosforico e vapore, abbondante al punto da spegnere il fosforo, malgrado l'ossigeno sia continuamente rinnovato. Riportato il tutto a temperatura ambiente, Lavoisier cede la parola alla bilancia, ripropone risultati ormai noti e soprattutto rimarca che, se l'ossigeno impiegato è puro, tale è anche il residuo gassoso dopo la combustione perché il fosforo non emette niente che possa inquinare il gas. Il minerale brucerebbe anche in aria comune – si sa – ma la sproporzione fra ossigeno e azoto, che alla fine in quel caso si determina, spegne la reazione dopo un assorbimento

pari, al massimo, a un quinto. Insomma: l'azoto è inerte, ma al tempo stesso agisce come un ingombro impossibile da sottovalutare.

Lavoisier passa in rassegna i protocolli di produzione dell'azoto e tace criticità ormai note, ma generalmente coglie ciò che ne è in larga misura speculare, cioè la sua presenza come fattore d'inquinamento nelle procedure diverse messe in atto per separare l'ossigeno dalle altre componenti dell'aria comune. Il disegno è ovviamente quello di ripetere le principali esperienze di chimica pneumatica con ossigeno “assolutamente esente” da contaminazioni azotiche.⁵⁵ Gli ossidi di mercurio, per esempio, sono detti (ora) in grado di restituire l'ossigeno che hanno assorbito durante la calcinazione e pare anzi che non ci sia metallo più adatto per esperienze “concludentissime”⁵⁶ di ossidazione e riduzione in vasi chiusi e volumi d'aria limitati. Si arrossa la calce moderatamente (senza aggiunta di carbone) e l'ossigeno, che ha maggior affinità col calorico che col mercurio, si rende libero. Della piccola quantità di gas acido carbonico (prodotto da scorie varie che si carbonizzano) ci si libera poi facilmente con alcali caustico. Tuttavia, anche scartando il primo gas ottenuto, neppure in questo caso si sfugge a una, sia pur modesta, conta-

54. Il gasometro era un sistema complesso di macchine e dispositivi (una macchina elettrica, la pompa pneumatica, vasi chimici, termometri, varie bilance) e materializzava punti fondamentali dell'episteme lavoisieriana: permetteva infatti la verifica pubblica dei principi della nuova chimica, valorizzava il ruolo dei tecnici in quanto costruttori degli apparati complessi a prova delle ipotesi scientifiche più sofisticate e stabiliva la dipendenza della scienza dalla tecnologia. Il gasometro è descritto in Lavoisier, *Traité*, cit., vol. I, cap. II, par. II e illustrato in tav. VIII, fig. 1.

55. *Ibid.*, p. 355.

56. *Ibid.*, p. 363.

minazione d'azoto. Quest'ultimo – beninteso – supera intatto la combustione ed è piuttosto il mercurio (che ne aveva assorbito durante l'ossidazione) che lo cede nella reazione opposta. Con acido nitrico, economico e già pronto in commercio, si ottiene un ossido “più puro”⁵⁷ di quello avuto per calcinazione, ma l'uso del comparativo indica che il risultato limita l'inquinamento, ma non lo esclude. Esito migliore si ha dal muriato ossigenato di potassio, che solo “accidentalmente” ne contiene: Lavoisier sembra insomma farne una questione di “precauzioni” adeguate, che da sole basteranno per separare un'aria vitale “perfettamente pura”.⁵⁸

Se lo scopo è invece la produzione di azoto, inutilizzabile risulta la combustione dello zolfo: la facilità, con la quale esso si dissolve in tutti i fluidi aeriformi e quindi anche in azoto, costituisce infatti una criticità troppo grave. Esiste tuttavia una procedura per aumentare considerevolmente l'affinità dello zolfo per l'ossigeno ed è quella messa a punto da Scheele – riconosce Lavoisier – vale a dire unirlo in soluzione acquosa alle sostanze alcaline, che hanno grande affinità con l'acido solforico. Nello stato di solfuro d'alcali (solfuro di soda, ma soprattutto di potassio) esso diventa in grado di asportare tutto l'ossigeno dall'aria atmosferica, o quanto meno non c'è test che poi ne riveli la presenza. Per generare azoto, questo metodo è sicuramente più preciso della classica reazione in aria nitrosa, impossibile – nota anche Lavoisier – da produrre in modo standardizzato. Proprio in quanto fluido elastico, il gas nitroso è difficile da gestire, non elimina completamente l'ossigeno e infatti è suscettibile di gradi diversi di ossigenazione, a seconda di temperatura, pressione, rapidità della miscela e finanche dimensioni del contenitore. Il solfuro di potassio sostituisce dunque gli altri reattivi nelle esperienze che richiedono maggior esattezza, mettendo però nel conto tempi certamente più lunghi. Produzione e uso della soluzione non presentano, secondo Lavoisier, difficoltà particolari.⁵⁹ Zolfo e potassio in parti eguali vengono portati al punto di fusione e il miscuglio è disciolto in una quantità d'acqua pari a tre o quattro volte il peso. Lasciata depositare, si ottiene una soluzione da conservare in flaconi ben tappati e con il minor spazio vuoto possibile, affinché l'ossigeno dell'aria non si combini con lo zolfo e non lo converta, neppure parzialmente, in acido. La soluzione è trasferita quindi in una bottiglia che, rovesciata sulla plancia dell'apparecchio pneumatico, riceve l'esatta quantità del gas da analizzare, viene tappata ed è sempre mantenuta con il collo immerso nel liquido. In capo a un arco di tempo fra i quindici e i venti giorni, essa è aperta in una vasca minore, con l'imboccatura sempre sott'acqua, e il gas rimanente passa in un tubo graduato che ne determina la quantità. Il re-

57. *Ibid.*, p. 364.

58. *Ibid.*, p. 363.

59. Su questi temi e per la descrizione della procedura, cfr. anche Lavoisier, *De la décomposition de l'air par le soufre, de la formation des acides sulfureux et sulfurique, et de l'emploi des sulfures dans les expériences eudiométriques* [1790], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 715-723.

siduo è puro azoto, misurabile per differenza rispetto all'ossigeno assorbito dal reattivo. Se, con le altre procedure, non c'era "modo alcuno"⁶⁰ di liberare l'aria vitale dal fastidioso "decimo d'azoto",⁶¹ ora è però l'ossigeno che 'scompare'. Separare con precisione le componenti dell'aria atmosferica, *mantenendole tuttavia entrambe*, resta un miraggio.

I.4. La vocazione analitica del fosforo

Nel punto di intersezione fra chimica e 'biochimica' è il fosforo che torna a imporsi con prepotenza. Già il citato secondo saggio sulla respirazione firmato da Lavoisier e Séguin indica infatti l'eudiometro a fosforo quale dispositivo d'elezione per condurre l'analisi del fluido respirato. È tuttavia una memoria del solo Séguin, presentata il 28 marzo 1791 all'Académie des Sciences,⁶² che va abbondantemente oltre le ormai note riflessioni del maestro circa le potenzialità analitiche riconosciute al minerale. Essa rappresenta il vero punto di rottura rispetto all'eudiometria flogistica, secondo la quale – non dimentichiamolo – il volume del gas si contrae perché saturo del flogisto emesso dal reattivo durante la combustione.

Séguin descrive infatti (e purtroppo non illustra) uno strumento che modifica in modo importante protocollo e dispositivi già impiegati negli esperimenti sulla respirazione. Scontato, per il giovane assistente di Lavoisier, è ovviamente ciò che può e non può fare un eudiometro: qualunque sia la tipologia, esso indicherà, con maggiore o minor precisione, la percentuale d'ossigeno presente nel campione gassoso, non certo il grado di "bontà" dell'aria, che dipende piuttosto dalla presenza di miasmi non identificabili né misurabili. Le criticità degli apparecchi esistenti sono ben note a Séguin, che ammette l'esistenza di altri progetti in corso per la realizzazione di strumenti a fosforo (comunque preferibili a quelli ad aria nitrosa), ma nega che alcunché sia stato sin lì pubblicato.⁶³ Séguin esclude insomma debiti intellettuali (o tecnologici) e infatti costruisce la sua narrazione degli eventi in modo tale da far risaltare come il caso e la fortuna si siano intrecciati per indicare la modifica di procedura e strumentazione. Il successo, nella misurazione della quantità d'ossigeno "con la più grande esattezza",⁶⁴ è del tutto imprevisto, ma corona la novità.

60. Lavoisier, *Traité*, cit., p. 357.

61. *Ibid.*, p. 364.

62. Séguin, *Mémoire sur l'eudiométrie*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1791, IX, pp. 293-303.

63. Il 'vuoto attorno' dichiarato da Séguin quadra con la strategia retorica praticata, ma non corrisponde alla realtà dei fatti. All'epoca, proprio i personaggi citati nel *Mémoire* (il chimico tedesco Franz Carl Achard (1753-1821) e i lavoisieriani Henri-Paul-Iréné Rebooul (1763-1839) e Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816)) avevano già progettato, illustrato e pubblicato prototipi di eudiometri a fosforo, per i quali cfr. Grapì, *Inspiring air*, cit., pp. 124-143.

64. Séguin, *Mémoire sur l'eudiométrie*, cit., p. 295.

La strategia retorica è gestita affinché il lettore non focalizzi sui limiti del reattivo (noti e insuperabili), ma sulla necessità di correggere il metodo. Quindi in primis viene descritto il protocollo 'normale', applicato con ogni scrupolo. Una quantità di aria vitale passa nella campana di cristallo piena di mercurio, dove si introduce il fosforo tramite un tubo di vetro e una capsula metallica. L'accensione è innescata dal ferro ricurvo incandescente e, per garantire la combustione più completa possibile, la sua estremità è immessa nella capsula e i frammenti di fosforo bruciato, che vi si attaccano, vengono roteati nella parte superiore della campana. Terminata la combustione, ritratto il ferro e recuperata la temperatura ambiente, la procedura viene iterata sino alla volatilizzazione del fosforo ed è completata dall'uso dell'alcali caustico, che assorbe il gas acido carbonico e l'eventuale gas acido fosforico. La metodica è dunque "esatta",⁶⁵ ma non va esente da inconvenienti di notevole rilievo. Infatti, quando l'aria vitale è pura, la campana troppo spesso si crepa prima che l'esperienza giunga al termine, ma a rischio sono pure i più solidi contenitori di vetro verde. Si può naturalmente operare in aria atmosferica, ma i passaggi del ferro arroventato devono essere aumentati e con essi il rischio di inquinamento, che rappresenta senz'altro il problema maggiore. Ecco però l'evenienza particolare, casuale e inaspettata, che obbliga ad adeguare il metodo e indica la via giusta.

Séguin si trova infatti a dover analizzare un volume d'aria espirata piuttosto importante e questo gli impedisce di immettere tutto il gas contemporaneamente nella campana, dove è quindi fatto passare a più riprese. Esaurito quasi tutto il primo quantitativo e subito inserito il secondo senza ripulire lo strumento, l'accensione del fosforo (sia residuale che rinnovato) avviene per il semplice contatto con le bolle d'aria. La combustione è dunque spontanea e quindi esclude le variabili parassite connesse all'introduzione del ferro, mentre il passaggio bolla a bolla del gas evita il pericoloso surriscaldamento repentino. La situazione è ideale e sfrutta la nuova condizione del fosforo, che in effetti ormai s'incendia anche appena tolto dalla capsula e messo a contatto con l'aria atmosferica. Il punto è naturalmente dar conto della manovra fortunata secondo i fondamentali della *chimie nouvelle*, ma tutto s'inquadra in modo perfetto. L'evento infatti corrisponde al primo grado di ossidazione che il fosforo ha verosimilmente acquisito già con la combustione iniziale. Il piano operativo per realizzare uno strumento, che parta dal successo sperimentale non cercato e innovi l'eudiometria in modo radicale, segue di conseguenza e chiude il cerchio.

Il nuovo apparecchio è costituito da un semplice tubo di vetro o di cristallo, di calibro e altezza dati, chiuso in alto e svasato in basso. Perfettamente funzionali sono del resto giudicati anche gli imbuto sigillati a fuoco. Il dispositivo è riempito di mercurio (sostituibile dall'acqua in una variante prevista) e in esso si introduce il fosforo, che sale spontaneamente, grazie al minor peso specifico, e viene acceso dall'esterno con un carbone ardente, avendo cura

65. *Ibid.*, p. 299.

di non toccare il vetro. Sono quindi introdotte le bolle dell'aria da analizzare, già misurate in una campana graduata. Estinta la combustione, si riscalda ancora fortemente il residuo gassoso che, una volta raffreddato, è ricondotto nella campana e, per differenza, si ottiene la quantità d'aria vitale presente all'inizio. Se la temperatura si mantiene fra i 15° e i 20°R, non sarà neppure necessario riscaldare e basterà mettere il fosforo in contatto con l'aria vitale. La procedura è dunque veloce, lo strumentario poco costoso e il metodo ben fondato: perfetto per determinare il volume dei gas che entrano nella composizione dei fluidi respirabili e non solo.⁶⁶ L'ottimismo è però forse eccessivo e, in un articolo pubblicato nello stesso anno sulle "Annales", Séguin deve riconoscere una modesta rimanenza d'aria vitale e quindi un surplus d'azoto. Insomma: i nuovi strumenti riescono a ridurre, ma mai a espellere completamente i fastidiosi residui d'aria comune.⁶⁷

Una novità ulteriore verrà da Giovanni Antonio Giobert (1761-1734), fra i primi in Italia a sostenere in modo organico le posizioni lavoisieriane.⁶⁸ Il chimico piemontese è molto esplicito: l'eudiometro è l'unico dispositivo di cui al momento si dispone per analizzare l'aria atmosferica. Per lui è altrettanto chiaro cosa si richieda a un 'buon' eudiometro: deve assorbire completamente e facilmente tutto l'ossigeno, non intaccare né l'azoto né gli altri gas eventualmente presenti e non aggiungere nulla al residuo. Purtroppo invece – lamenta Giobert – la maggior parte degli apparecchi non risponde in modo soddisfacente alla bisogna.⁶⁹ Imprecisi sono gli strumenti ad aria nitrosa, per i noti problemi di standardizzazione del reattivo gassoso. La "pistola" di Alessandro Volta (1745-1827) usa l'idrogeno, cioè un fluido elastico che raramente si ottiene puro da ogni traccia di carbonio.⁷⁰ I solfuri alcalini, indicati da Scheele, non assorbono

66. Il "nuovo eudiometro fosforico" è citato come già in uso e di prossima presentazione all'Académie des Sciences in Séguin – Fourcroy – Louis-Nicolas Vauquelin, *Mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1791, VIII, p. 304.

67. Séguin, *Suite du mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1791, IX, pp. 33-36, dove però non si fa parola di dispositivi a fosforo.

68. Su Giobert cfr. Giorgio Pedrocchi, *Scienziati piemontesi nell'evoluzione della chimica settecentesca*, in Gian Carlo Calcagno – Vincenzo Pallotti – Giorgio Pedrocchi (a cura di), *Scienze e tecnologie in Europa nell'età moderna*, Bologna, CLUEB, 1979, pp. 42-65; 75-83.

69. Giovanni Antonio Giobert, *Des eaux sulfureuses et thermales de Vaudier, avec des observations physiques, économiques et chimiques sur la Vallée de Gesse et des remarques sur l'analyse des eaux sulfureuses en général*, Turin, 1793, pp. 57-68.

70. Volta studiò per primo (1777) la combustione in vasi chiusi di miscele di gas infiammabile (idrogeno) e aria comune, ottenendo dapprima l'accensione con la scintilla da pietra focaia. Ne ricavò l'idea per un nuovo tipo di archibugio, non caricato con polvere pirica, ma con un terzo di aria infiammabile e due terzi di aria atmosferica. La miscela tonante veniva quindi infiammata da una scintilla elettrica prodotta all'interno di questa "pistola elettro-flogopneumatica". Il dispositivo consisteva in un tubo di vetro con il fondo a imbuto, chiuso nella parte superiore da un tappo di sughero attraverso il quale erano inseriti due fili terminanti in sferette, funzionanti come elettrodi. Riempito il tubo d'acqua e capovolto in un bacile, vi era immessa una miscela

solo l'ossigeno, ma intaccano anche gli altri gas presenti. Resta il fosforo. Giobert cita Séguin e ha ben presenti le criticità del minerale, ma non ne fa parola all'inizio del saggio che espone la sua personale novità. Ne dirà – come vedremo – dopo di aver altrimenti catturato il lettore.

Il fosforo – afferma l'autore – è il solo reattivo che può fornire risultati esatti, almeno per quanto lo richiede l'eudiometria. Infatti, su misura del fosforo e con intenzionalità eudiometrica, Giobert racconta di aver progettato e realizzato lo strumento che, tanto semplice quanto preciso, usa sin dal 1784,⁷¹ anticipando quindi gli sviluppi recenti di Séguin, che confermano per altro l'opportunità della scelta. E come Séguin, anche il chimico piemontese descrive lo strumento senza fornirne l'immagine. Nel caso del collaboratore di Lavoisier questo non significa – beninteso – che l'apparecchio sia rimasto un 'esperimento mentale'. Séguin lo cita anzi esplicitamente per le note esperienze analitiche condotte sull'aria prelevata nei dormitori dell'ospedale parigino della Salpêtrière.⁷² La sua scelta è tuttavia – come s'è visto – quella di focalizzare sui dettagli della procedura ed è difficile, per come è narrato l'apparecchio, che altri abbiano potuto davvero riprodurlo, per es., la taratura. Del tutto diverso è il caso di Giobert. Descrivendo ma non illustrando, egli probabilmente pratica una soluzione di buon compromesso e che gli consente di ospitare in un'opera di tutt'altro argomento la comunicazione della novità strumentale importante.

Il racconto è trasparente al punto che, a solo un anno di distanza, il disegno è fornito in un trattato d'ampia diffusione come i *Physicae experimentalis lineamenta*, firmato da Giuseppe Antonio Eandi (1735-1785) e dal nipote Antonio Maria Vassalli Eandi (1761-1825) – membri, come Giobert, dell'Accademia delle Scienze di Torino.⁷³ L'oggetto è raffigurato minuziosamente e ogni sua parte è individuata con lettere applicate alla descrizione contenuta nel libro di Giobert, descrizione che viene ripresa e tradotta in latino. Dalla narrazione e dall'immagine balza subito agli occhi che lo strumento è ben diverso da quello immaginato da Séguin.

di idrogeno e gas da analizzare. Con un elettroforo (o la bottiglia di Leida) tra le punte dei fili era provocata la scintilla e, per l'esplosione conseguente, idrogeno e ossigeno (se presente) si combinavano formando acqua. Si verificava in tal modo una contrazione del volume gassoso pari alla quantità data di idrogeno e alla percentuale di ossigeno da valutare, misurabile con la risalita dell'acqua, che ne prendeva il posto (cfr. Volta, *Lettere [...] sull'aria infiammabile nativa delle paludi* [1777], in *Le Opere [...] Edizione Nazionale*, Milano, Hoepli, 1918-1929, vol. VI, pp. 62-63; *Tre lettere [...] sulla costruzione di un moschetto e di una pistola ad aria infiammabile* [1777], in *ibid.*, pp. 121-150).

71. Giobert, *Des eaux sulfureuses*, cit., p. 63.

72. Cfr. Séguin, *Mémoire sur la salubrité et l'insalubrité de l'air atmosphérique, dans ses divers degrés de pureté*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la pharmacie", 1814, LXXXIX, in part. pp. 252-253; 269. La memoria era stata letta all'Académie des Sciences il 15 febbraio 1792.

73. Giuseppe Antonio Eandi – Antonio Maria Vassalli Eandi, *Physicae experimentalis lineamenta ad Subalpinos*, Taurini, 1793-1794, vol. II, pp. 57-59, tav. X, fig. 1.

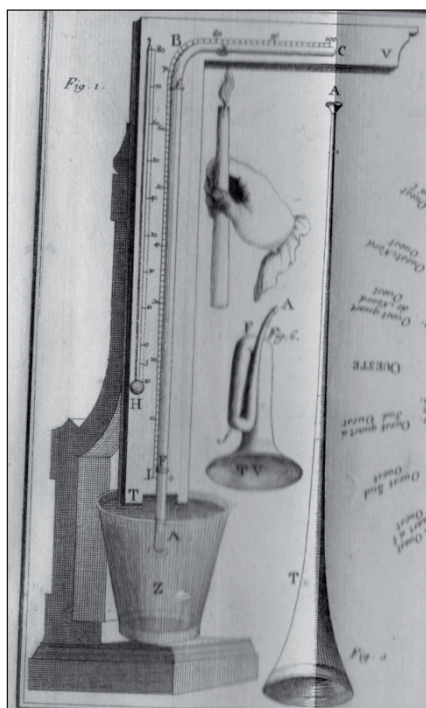


Fig. 10 – Giuseppe Antonio Eandi – Antonio Maria Vassalli Eandi, *Physicae experimentalis lineamenta ad Subalpinos*, Taurini, 1793-1794, vol. II, tav. X, fig. 1

riempie d'acqua, avendo cura che il minerale non vi ricada: a tale scopo è del resto necessaria la curvatura del vetro. Si immette dunque il gas da analizzare, l'acqua fuoriesce e quindi si immerge l'estremità aperta in un contenitore con lo stesso liquido. A questo punto si aspira parte del fluido elastico, affinché l'acqua possa risalire sino al punto 0 della scala e nello strumento si abbia un volume di 100 parti di gas, corrispondenti ai 100 gradi in cui è stata ripartita la scala medesima. Per decomporre l'aria atmosferica, si gira la porzione orizzontale del tubo che contiene il fosforo e si avvicina una fonte di calore: la carta accesa raccomandata da Giobert o, senz'altro più perigliosamente, la candela raffigurata nell'illustrazione. Il resto è noto, o immaginabile. Il fosforo brucia, il calore fa dilatare l'aria e l'acqua si abbassa nel tubo (ecco perché quest'ultimo deve proseguire oltre il punto 0), ma ben presto, per raffreddamento, l'acqua risale e occupa lo spazio lasciato libero dall'aria assorbita dal reattivo. L'ascensione indica quindi in forma percentuale la quantità di aria vitale contenuta nelle 100 parti del gas in analisi. Il rimanente, "d'ordinario",⁷⁴ non è che azoto ed even-

L'eudiometro è costituito da un tubo di vetro di diametro e lunghezza dati, chiuso ermeticamente all'estremità superiore e piegato ad angolo retto a due terzi della lunghezza totale. Sarà cura del vetraio mantenere invariato il diametro interno anche nella curvatura, cosa che – assicura Giobert – l'artigiano otterrà facilmente (?) riempiendo il tubo di sabbia fine e secca prima di esporlo alla fiamma. Con vetro fuso colorato si marca un punto fisso a tre o quattro pollici al di sopra dell'estremità inferiore aperta. A partire da esso, e per la sola parte verticale, il tubo è fissato a una tavola di forma conveniente affinché esso possa ruotarvi e allontanare al bisogno la porzione orizzontale. Dal punto fisso (i.e. 0) sino all'estremità superiore, la tavola sarà a sua volta accuratamente divisa in cento parti. L'illustrazione di Eandi prevede poi un supporto ulteriore di foggia e struttura a discrezione dell'artefice e ad esso, che deve reggere il tutto, si fissa la tavola. Lo strumento è ora pronto per l'uso.

Si introduce nel tubo un pezzetto di fosforo sino all'estremità sigillata e si

74. Giobert, *Des eaux sulfureuses*, cit., p. 66.

tualmente gas acido carbonico. Per misurare anche quest'ultimo, è sufficiente ritirare il dispositivo dall'acqua (chiudendo l'estremità inferiore del tubo), introdurlo in altro contenitore con acqua di calce, stappare e agitare. L'acqua di calce si innalza al di sopra del punto già raggiunto dall'acqua comune e indica per differenza la quantità del gas acido carbonico assorbito. Il residuo è finalmente "purissimo" azoto.⁷⁵ Apparecchio e procedura danno quindi le quantità di tutti i gas presenti nel fluido elastico analizzato e lo fanno in valori percentuali: ciò che – nota Giobert – è particolarmente interessante nelle esperienze comparative (e consente di bypassare le ambiguità delle unità di misura, all'epoca varie e diverse).

A questo punto il lettore è preso dalla semplicità dello strumento e dalla facilità del metodo (sulle quali la strategia retorica dell'autore insiste abilmente) e quindi è pronto al passo successivo, quello delle avvertenze per il buon uso dell'apparecchio, delle cautele per assicurare l'esattezza dei risultati e l'ammissione delle criticità costituzionali del fosforo, che Giobert – chimico professionale – conosce e finalmente dettaglia. Innanzi tutto non avviene quasi mai che l'ossigeno sia assorbito per intero sin dalla prima combustione. L'accensione è quindi da ripetere più volte, avendo cura di non esporre il fosforo all'aria comune e di operare con quantità di reattivo adeguate e comunque diverse nelle prime reazioni rispetto alle successive. L'evento non è istantaneo: bisogna attendere i tempi del fosforo e lavorare al buio per aver certezza che il minerale abbia dismesso ogni luce. È necessario che il riscaldamento avvenga lentamente, per evitare che il vetro si rompa o che l'aria, rarefacendosi, sfugga dall'estremità tuffata nell'acqua (altro motivo per cui il tubo è prolungato oltre il punto 0). Giobert sa inoltre benissimo che il volume dei gas cambia al variare delle temperature. Quindi non è sufficiente attendere – come in genere si fa – la prima compensazione dopo il riscaldamento, cioè la prima (ri)discesa del liquido nell'apparecchio. Per l'esattezza degli esiti è indispensabile che la temperatura di rilevazione torni a essere quella antecedente la reazione (entrambe da annotare con massima cura). E se ciò proprio non è possibile, si dovrà tener conto della dilatazione eventuale e calcolarla sulla scorta delle indicazioni di Lavoisier. Con l'ovvia esclusione del buio, tutto – come si vede – è accuratamente misurato e nulla è lasciato all'empiria della percezione. Padronanza piena della procedura e consapevolezza delle variabili parassite indicano inoltre buona consuetudine d'uso dello strumento. Il salto di qualità rispetto al racconto del giovane Séguin è oggettivo.

Con tutta evidenza, il favore che i lavoisieriani rinnovano al fosforo non viene dalla potenza luminosa della sua reattività, che non appartiene al quantificabile ed è quindi perfettamente indifferente.⁷⁶ Alla centralità della luce guarda

75. *Ibid.*

76. Sul rapporto e il contrasto fra nuovo approccio quantitativo e percezione qualitativa dei fenomeni chimici cfr., per es., Golinsky, *Precision Instruments and the Demonstrative Order of Proof in Lavoisier's Chemistry*, "Osiris", 1994, IX, pp. 30-47; Golinsky, *The Nicety of*

invece una direttrice importante della chimica tedesca – e non solo per il recupero di prospettive flogisticistiche che essa sembra rendere possibile.⁷⁷ Nel terzo volume del suo *Ueber die neuern Gegenstände der Chymie* (1793),⁷⁸ opera monumentale e di solida presa sul pubblico germanico, Jeremias Benjamin Richter (1762-1807)⁷⁹ coglie il punto: ci sono corpi che bruciano con produzione di fiamma e altri che emettono solo luce. E questo è ciò che i lavoisieriani, considerando la luce nient'altro che “calore modificato”,⁸⁰ non spiegano e non possono spiegare. La causa della luce (*Lichtstof*) deve essere distinta dalla materia del calore (*Wärmestof*) ed essa non dipende solo dalle particelle di corpo combustibile che *Wärmestof* movimentata in aria vitale. In tal caso si avrebbe infatti luce ogni qual volta un gas si meschia con aria atmosferica: ciò che non è. Entra piuttosto in gioco anche la quantità di luce che le particelle contengono. La non identità di *Lichtstof* e *Wärmestof* torna a questo punto a imporsi come l'argomento forte a sostegno del flogisto, che risiede nel corpo combustibile (e non nell'ossigeno) e, secondo un determinato rapporto quantitativo con il calorico, entra nella composizione della materia della luce e quindi non è la luce stessa.

Nel caso specifico del fosforo e dell'aria vitale, il primo è composto dal proprio particolare substrato e da flogisto, la seconda dalla propria base (*Sauerstof*)

Experiment': Precision of Measurement and Precision of Reasoning in Late Eighteenth-Century Chemistry, in Matthew Norton Wise (ed.), *The Value of Precision*, Princeton, Princeton University Press, 1995, pp. 72-91; Lissa Roberts, *The Death of the Sensuous Chemist. The 'New' Chemistry and the Transformation of Sensuous Technology*, in David Howes (ed.), *Empire of the Senses. The Sensual Culture Reader*, Oxford-New York, Berg, 2005, pp. 106-127 e il più recente Lissa Roberts – Simon Werrett (eds), *Compound Histories. Materials, Governance and Production, 1760-1840*, Leiden-Boston, Brill, 2018.

77. Sulle specificità del contesto tedesco cfr. il classico Georg Wilhelm August Kahlbaum – August Hoffmann, *Die Einführung der Lavoisier'schen Theorie im Besonderen in Deutschland über den Anteil Lavoisier's an der Feststellung der das Wasser zusammensetzenden Gase*, Leipzig, J.A. Barth, 1897 e inoltre James Riddick Partington – Douglas McKie, *Historical Studies on the Phlogiston Theory. IV. Last Phases of the Theory*, “Annals of Science”, 1939, IV, pp. 113-149; Karl Hufbauer, *The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)*, Berkeley-Los Angeles-London, University of California Press, 1982; Marco Beretta, *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton, Watson Publishing International, 1993, pp. 300-309; Paola Vasconi, *Diffusione della chimica antiflogistica in Germania*, in Paolo Amat di San Filippo (a cura di), *Atti del VI Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica*, in *Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Parte II: Memorie di scienze fisiche e naturali*, serie V, 1995, XIX, pp. 307-313; Jan Frercks, *Die Lehre an der Universität Jena als Beitrag zur deutschen Debatte um Lavoisiers Chemie*, “Gesnerus”, 2006, LXIII, pp. 209-239.

78. Jeremias Benjamin Richter, *Ueber die neuern Gegenstände der Chymie*, Bresslau-Hirschberg-Lissa, 1791-1802, 11 voll. Il titolo del terzo volume suona infatti: *Ueber die neuern Gegenstände der Chymie. Drittes Stück. Enthaltend den Versuch einer Kritik des antiphlogistischen Systemes*.

79. Su Richter cfr. Frederick Gregory, *Romantic Kantianism and the End of the Newtonian Dream in Chemistry*, “Archives Internationales d'Histoire des Sciences”, 1984, XXXIV, pp. 108-123.

80. Richter, *Ueber die neuern Gegenstände*, cit., vol. III, p. 206.

e da calorico. Nella combustione sono quindi in gioco due rapporti di affinità: il calorico dell'ossigeno e il flogisto del fosforo danno le note manifestazioni di luce e combustione; il substrato del minerale e la base del gas producono acido fosforico, che aumenta di peso quanto l'ossigeno ne diminuisce, mentre calorico e flogisto sono impercettibili, forse imponderabili e identificabili entrambi solo attraverso le loro manifestazioni. Per ciò che concerne la quantificazione dei fenomeni e la loro verificabilità empirica, il flogisto della tradizione e il calorico della nuova chimica non sono dunque tanto distanti – rimarca Richter – abbia o non abbia inteso l'“enorme differenza”⁸¹ che il calorico comporta rispetto al flogisto. Comparsa e colore della luce non derivano dalle quantità assolute dei due principi in causa, ma dal rapporto percentuale nel quale vengono liberati e, in ogni caso, il grado di calore non determina l'intensità della luce. Può esserci infatti combustione senza bagliori (nella classica calcinazione del mercurio, per esempio) e ciò significa che la percentuale di flogisto è insufficiente rispetto a quella di calorico. Nel caso del fosforo, che brucia e s'illumina, il rapporto è invece perfetto. Ma neppure per Richter l'azoto consente la combustione, possibile solo in aria vitale. È tuttavia evidente che la via della luce senza calore (o in grado di modularne l'efficacia) apre al riconoscimento di forme diverse di reattività nel quadro di un sistema di “flogologia”⁸² – come Richter definisce la scienza dei rapporti (qualitativi e quantitativi) che regolano i fenomeni di luce e combustione.

I.5. La combustione impossibile

Nel 1793 le “*Chemische Annalen*” ospitano un intervento che mette a rumore la chimica europea.⁸³ Gli autori – Johan Rudolph Deiman (1743-1808), Adriaan Paets Van Troostwijk (1752-1837), Pieter Nieuwland (1764-1794), Nicolas Bondt (1765-1796) e Anthonie Lauwerenburgh (1758-1820) – sperimentano infatti combustioni che sembrano avvenire in condizioni impossibili per la *chimie nouvelle*. Il gruppo olandese si dichiara in verità neutrale nella controversia tra flogististi e antiflogististi e ben lontano da ogni pretesa di deciderne la sorte. Tuttavia la collocazione del pezzo non sembra casuale. Le “*Annalen*”, pubblicate a partire dal 1778,⁸⁴ sono infatti la prima rivista europea d'impianto

81. Beretta, *The Enlightenment of Matter*, cit., p. 209.

82. Richter, *Ueber die neuern Gegenstände*, cit., pp. 179-197.

83. Johan Rudolph Deiman – Adriaan Paets Van Troostwijk – Pieter Nieuwland – Nicolas Bondt – Anthonie Lauwerenburgh, *Versuche über die Entzündung des Schwefels mit Metallen, ohne Gegenwart von Lebensluft*, “*Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen*”, 1793, II, pp. 383-398. Sulla comunità olandese e la nuova chimica cfr. H.A.M. Snelders, *The New Chemistry in the Netherlands*, “*Osiris*”, 1988, IV, pp. 121-145.

84. Primo titolo del periodico fu “*Chemische Journal für die Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen*”.

e intenzione specificamente chimica, ma sono anche dirette dal noto flogistista tedesco Lorenz Florenz Friedrich von Crell (1744-1816).

Un miscuglio di zolfo e limatura di rame in camera chiusa (*Stopfgläsche*) viene dunque messo sui carboni ardenti e, coll'aumentare del calore, si sprigionano vapori sulfurei che riempiono la capacità del vaso. Del tutto inaspettatamente, il composto brucia con luce chiara. L'esito si ripete iterando le manovre e, per togliere il dubbio che lo zolfo sia contaminato da umidità o da acido, esso viene purificato con ammoniacca, lavato in acqua bollita e ben asciugato. Tuttavia la cosa non cambia. Alla stessa temperatura, campioni di controllo sono allestiti con zolfo senza metallo e con metallo senza zolfo, ma nessuna accensione si verifica né nel primo caso (il rame gioca quindi un ruolo) né nel secondo (benché non ci siano i vapori sulfurei). Si ripete con gradi di calore e metalli diversi e cambiando le percentuali dei componenti. Variabili e parametri incidono sull'intensità della combustione, ma confermano l'accensione in assenza di ossigeno o di aria libera.

La situazione è troppo intrigante perché ci si possa arrestare a questo punto. Bisogna essere sicuri che anche il minimo accesso all'aria atmosferica o vitale sia stato davvero escluso. S'introducono perciò quantità sperimentate di zolfo e rame in un tubo di vetro di dimensioni date, rotondeggiante a un'estremità e piegato a metà ad angolo ottuso. Il composto sta sul fondo e viene scaldato a fuoco moderato sino alla fusione. Sotto il battente del mercurio, di cui viene riempito il tubo, si introduce aria infiammabile in modo tale che nell'estremità aperta stia il metallo liquido e nell'altra la miscela. Durante il riscaldamento, parte del gas viene estromessa (ciò che impedisce di calcolarne l'effettiva diminuzione), ma l'accensione è viva come se avvenisse in aria atmosferica. Al solito, ripetuto l'esperimento con solo zolfo, la combustione non avviene.

Una variante procedurale interessante provvede di rubinetto l'estremità aperta del tubo, applica la pompa e fa il vuoto, o a dir meglio aria assai rarefatta che è il massimo consentito dai dispositivi correnti. Eseguita la manovra, l'apparecchio viene rapidamente riempito con aria infiammabile e, posta sott'acqua l'estremità del tubo dotata di valvola, la si apre e si colloca sui carboni accesi. A questo punto, che l'accensione si verifichi (sia pur pallida e rossastra), sorprende poco. A raffreddamento avvenuto, il livello dell'acqua è salito nel tubo per ben un terzo e il gas rimanente è aria infiammabile combinata con zolfo volatilizzato. In luogo dell'idrogeno, si ripete riempiendo con mercurio, con acqua distillata e persino con acido aereo, che – si sottolinea – notoriamente spegne la fiamma, ma neppure in quest'ultimo caso la combustione è impedita.

Nulla vieta ora di tentare la condizione sperimentale del vuoto boyleano, già praticata per riempire con sola aria infiammabile. Collocato il composto in un tubo ad angolo più acuto di quello usato in precedenza, si mette di nuovo in azione la pompa, si aspira l'aria, si pone sott'acqua l'estremità col rubinetto e si scalda la miscela, che in questo caso s'incendia persino. Esauriti i fenomeni e aperta la valvola, il mercurio entra e sale rapidamente, mentre l'acqua residua non solo ha gusto di acido solforico, ma arrossa senz'altro la cartina di tornasolo-

le. Alla condizione normale, cioè al vuoto che impedisce ogni combustione, si torna però usando zolfo con polvere di carbone in luogo della limatura metallica. Gli autori non hanno dubbi: siamo oltre e contro ogni teoria nota.

Le avvertenze sperimentali (il composto è stato tritato nel mortaio precedentemente riscaldato) escludono che nel contenitore e nella miscela siano presenti residui di aria vitale in grado di consentire la combustione. E del resto, quand'anche una quantità d'aria comune fosse stata presente (come l'uso della pompa boyleana lascia presumere), essa avrebbe avuto effetto anche in puro zolfo e/o in puro metallo, che invece da soli non ardono. Nello zolfo è parimenti esclusa la presenza di acido o di acqua, che potrebbero entrambi liberare ossigeno. Sia il minerale sia il metallo sono stati infatti trattati, risciacquati più volte e infine prosciugati in contenitore sottoposto a fuoco moderato. Il test ad aria nitrosa, eseguito sulla stessa quantità di miscela combusta e non combusta, indica del resto che il volume d'aria sviluppato è il medesimo nell'uno e nell'altro caso, ovvero il metallo combusto non ha traccia di ossidazione. I fatti restano inspiegabili, a meno di supporre che, singolarmente presi, zolfo e rame abbiano capacità calorica diversa di quella del loro amalgama e che quindi nel miscuglio si renda rapidamente libera una quantità di calorico tale da produrre non solo calore, ma addirittura fiamma.

Si tratta di ipotesi – concludono gli Olandesi – che richiederanno ulteriori verifiche, ma esse da subito ridanno voce alle correnti variamente flogistiche diffuse nell'ambiente tedesco. Per lo stesso Crell, che interviene sulla rivista,⁸⁵ non ci sono dubbi. Inquadrare i fenomeni 'impossibili' è vitale per il sistema francese. Quest'ultimo – insinua il fondatore delle "Annalen" – suppone, ma non riesce a provare sperimentalmente l'unica via d'uscita ancora compatibile con gli insegnamenti di Lavoisier, vale a dire la congettura (in effetti avanzata da Deiman) che zolfo e metalli non siano in grado di trattenere completamente calorico e ne cedano durante la combinazione innescando in tal modo la combustione. Per contro, tutto torna, se ammettiamo la presenza di flogisto in una (o in entrambe) le sostanze. Unendosi alla materia del calore, esso può infatti perfettamente spiegare la fiamma e finanche l'acidificazione del minerale in assenza di ossigeno.

Sempre sulle "Chemische Annalen" anche Richter affronta gli enigmi olandesi e, pur dando conto di esperienze ripetute, torna alla prospettiva calcolistica che gli è più congeniale.⁸⁶ Per Richter è ormai universalmente acquisito che non c'è combustione senza ossigeno e i risultati del gruppo di Deiman, ridando voce ai flogististi più antiquati, rappresentano una criticità grave non solo per il sistema francese, ma anche per le posizioni recenti che hanno riformato la dottrina

85. Lorenz Florenz Friedrich von Crell, *Vorläufige Bemerkungen über die Versuche von der Entzündung des Schwefels mit Metallen*, "Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen", 1793, II, pp. 532-539.

86. Richter, *Ueber die Entzündung des Schwefels mit Metallen ohne Gegenwart der Lebensluft*, "Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen", 1794, II, pp. 291-310.

in direzione sincretica. Una via d'uscita esiste e passa, secondo Richter, per la percentuale d'acqua che, al grado della bollitura, si manifesta anche nelle sostanze più refrattarie (e si perde solo con l'incandescenza). L'esperienza comune mostra infatti che pure lo zolfo meglio disseccato ne contiene e il calore dei carboni ardenti scinde l'acqua nelle sue componenti. Un lavoisieriano a questo punto ne concluderebbe che anche una modesta quantità di ossigeno basta per provocare una grande esplosione con fiamma imponente. Per Richter, invece, la faccenda si spiega in modo diverso (e più complicato). Secondo il chimico tedesco, in gioco è infatti un triplice rapporto di affinità. L'acqua si divide certo in aria vitale e aria infiammabile, scomponibile quest'ultima in flogisto e substrato specifico, così come avviene per lo zolfo e per il metallo in uso. Con l'ossigeno il substrato dello zolfo e quello dell'aria infiammabile formano rispettivamente acido vitriolico indebolito (i.e. acido solforoso) e aria epatica. Ma in tal modo il flogisto, abbondantemente liberato da zolfo, metallo e idrogeno, si combina con il calorico dell'ossigeno e determina finalmente le consapute manifestazioni di luce e fuoco.

Miscele di zolfo e limatura di ferro vengono chiuse negli *Stopfgläschen* usati anche dagli Olandesi e messe sui carboni ardenti sino al punto di fusione. Ecco la formazione di bolle gassose e l'innesco della combustione. Gli esperimenti provano inoltre l'esistenza di una soglia minima per la quantità sia d'acqua sia di calorico. Al di sotto di essa l'autocombustione non avviene, cioè zolfo e metalli non si decompongono in ciò che li costituisce, ovvero – e qui si svela e s'impone di nuovo la prospettiva sincretica di Richter – in *Brennstoff* (i.e. flogisto) e *Metallstoff*. Ciò spiega perché zolfo senza metallo e metallo senza zolfo non s'accendano: la scomposizione si produce per il gioco di affinità che si sviluppa fra i rispettivi componenti e che non può avvenire se manca un lato della partita o il lato non è confacente. Parimenti troppo o troppo poco zolfo guastano l'equilibrio che consente l'autocombustione. Nel secondo caso, l'aria vitale non è sufficiente; nel primo, il metallo è talmente ricoperto dallo zolfo da vanificare l'azione dell'acqua. Tutto quadra, o viene fatto quadrare, nelle relazioni di affinità prestabilite e nel calcolo delle quantità assolute perché le sostanze in gioco producano gli effetti indicati.

Il flogistista Johann Friedrich Gmelin (1748-1804) coglie al volo il punto debole della posizione di Richter.⁸⁷ Supposta, ma non dimostrata è infatti a suo avviso quella porzione d'acqua che il collega sostiene essere sempre presente nello zolfo. Non solo – si rimarca – con il minerale l'acqua non ha alcuna affinità, ma proprio non s'intende come essa possa decomporsi in modo tanto rapido, con una quantità di calore così modesta e provocando reazioni importanti come quelle descritte dal gruppo di Deiman. La contestazione ha come obiettivo immediato Richter, ma con tutta evidenza la posta in gioco va oltre il personaggio,

87. Johann Friedrich Gmelin, *Winke an seiner Zeitgenossen, den Streit über den Brennstoff betreffend*, "Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen", 1795, I, pp. 391-409.

privo di ruoli accademici, impegnato sul fronte della chimica applicata e autore di opere monumentali, ma di scrittura goffa e oscura. Gmelin di fatto ribalta le intenzioni sincretiche di Richter e nei risultati olandesi coglie la grande occasione per ridare vita e voce a una dottrina (modernamente) flogistica. Dopo gli esperimenti di combustione senza ossigeno, diventa insomma facile negare che quest'ultimo ne sia condizione necessaria e sufficiente e non si debba piuttosto prevedere un ruolo attivo anche per la sostanza che brucia. È impossibile che, dopo i processi di calcinazione in aria comune, resti solo azoto. Ecco di nuovo sulla scena quella componente del metallo che Gmelin definisce “altra e volatile”,⁸⁸ che si libera con le note manifestazioni di luce, tanto più intense quanto più veloce è il processo. La *chimie nouvelle* dimostra l'affinità tra ossigeno e corpi combustibili, ma non spiega da dove provenga tale forza attrattiva, che invece si può, del tutto verosimilmente, riferire a un comune *Grundstoff*. Ciò che stabilisce le manifestazioni di luce e fuoco non viene solo dall'ossigeno. Il combustibile medesimo contiene infatti uno *Stoff* che assume la condizione di fluido elastico (e quindi può essere emesso) solo combinandosi nel processo di combustione/calcinazione con calore, luce e acqua, con maggiore o minore facilità a seconda del tipo di metallo.

I.6. Fiamma e luce

Friedrich Albrecht Carl Gren (1760-1798) va oltre e combina la teoria la-voisieriana della combustione in ossigeno con la ridefinizione del flogisto in quanto materia della luce. Ne risulta un *restyling* della chimica flogistica che metabolizza quanto del sistema francese non si può più rifiutare, evidenziandone criticità e superandole con la riproposizione di elementi tradizionali adattati ai tempi nuovi. È una sorta di ‘terza via’ che Gren diffonde con la nuova edizione del suo fortunato *Handbuch*, pubblicato fra il 1794 e il 1796 – anni centrali per l'evoluzione del dibattito in area germanica e non solo.⁸⁹ La lettura dei fenomeni di combustione vi appare di primo acchito in linea con la *chimie nouvelle*, in particolare per le metodiche di produzione di azoto e ossigeno (da manganese). Nel caso classico della decomposizione dell'aria comune operata dal fosforo, Gren semplifica invero la situazione sperimentale, cioè sostiene che il reattivo (se in quantità e tempo adeguato) è in grado di separare perfettamente le due componenti. Contestuali sono l'acidificazione del minerale, la verifica dell'inerzia dell'azoto e la rimozione del gas acido carbonico eventuale. Quanto all'ossigeno, il manganese non contiene aria vitale nello stato di fluido elasti-

88. *Ibid.*, p. 391.

89. Friedrich Albrecht Carl Gren, *Systematisches Handbuch der gesammten Chemie [...]* Zweyte, ganz umgearbeitet, Auflage, Halle, 1794-1796, 4 voll. Cfr. in part. vol. I, pp. 158-175; vol. II, pp. 312-329; vol. IV, pp. 9-12. Su Gren cfr. Markus Seils, *Friedrich Albrecht Carl Gren in seiner Zeit, 1760-1798: Spekulant oder Selbstdenker?*, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1995.

co e rilascia piuttosto parte della sua base. Quest'ultima, unendosi al calorico (sviluppato alla temperatura di fusione), assume la costituzione gassosa, mentre il "flogisto della luce" si unisce al manganese.⁹⁰ È chiaro il riassetamento in direzione flogistica di questi come di altri eventi diversi che allontanano Gren da Lavoisier e la luce ne è regolarmente protagonista:

Bisogna che si possano spiegare i fenomeni che impediscono, sviluppano e modificano la luce. E invece la chimica antiflogistica non se ne cura; in essa la luce gioca un ruolo del tutto superfluo [...] potrebbe finanche scomparire e il sistema non ne soffrirebbe alcunché.⁹¹

Gren ridefinisce il flogisto come base della luce, liberata quando bruciano le sostanze combustibili, ma presente anche in corpi che non lo sono (*phlogistische Körper*). La sua assunzione e il suo rilascio sono quindi propriamente da intendersi come processi di flogisticazione e deflogisticazione. D'altro canto, lo sprigionarsi di luce e/o fiamma si riconduce al rapporto percentuale fra calorico e flogisto (entrambi imponderabili), ma ciò significa che l'ossigeno non è condizione sufficiente del fuoco. Perché si abbia fiamma è necessario che si metta a disposizione anche quanto sta nella sostanza combustibile e che la rende tale. Nulla cambia invece per l'azoto, che non tocca il corpo infiammabile e non ne è toccato, ma minore è la sua presenza, maggiore è la facilità con la quale viene attratta la base dell'aria vitale.

A questo punto si deve rileggere in modo conforme il caso canonico della combustione del fosforo, che risulta dunque composto della propria base e della base della luce (ovvero di flogisto). Nella combustione in ossigeno la prima si combina in acido fosforico con la base dell'aria vitale, sulla cui natura univocamente acidificante Gren non cela però i suoi dubbi. La seconda si unisce con il calorico dell'ossigeno per produrre luce e fuoco, mentre colore e intensità della fiamma dipendono dal rapporto secondo il quale si congiungono il flogisto del corpo e il calorico del gas. Il riorientamento teorico non impatta di fatto sulla procedura, ma rende visibili nuove criticità, sulle quali si richiama l'attenzione.

In aria comune il fosforo è protagonista di quella che viene definita combustione debole: il minerale emette fumo bianco (tanto più denso a temperatura più alta, odoroso e rilucente al buio) e quindi si scioglie in un fluido acido che interrompe i bagliori se la superficie del fosforo non è continuamente investita dall'aria, scissa quindi nelle sue componenti. L'evento s'intende per altro molto meglio se lo si riproduce in camera chiusa, secondo il protocollo classico. Che si operi sotto il battente del mercurio o sotto quello dell'acqua distillata, il minerale si riveste comunque di una "umidità acida"⁹² e la combustione prosegue sino a che essa non lo avvolge del tutto. Affinché la distruzione dell'aria vitale si completi, è perciò necessario sostituire il reattivo combusto con altro intatto, oppure evitare che l'artefatto blocchi il compimento del processo. Grazie

90. Gren, *Systematisches Handbuch*, cit., vol. I, p. 166.

91. *Ibid.*, vol. IV, p. 11.

92. *Ibid.*, vol. II, p. 313.

all'apparecchio idropneumatico, si riempie quindi d'aria comune un matraccio di vetro e per la sua imboccatura capovolta si fa passare un tappo di sughero opportunamente scavato perché aghi infissi vi sostengano il fosforo. Il tappo sale e il minerale è presto circondato dal gas contenuto, si decompone fra i bagliori e l'acido che si forma è rimosso per mezzo del sughero. Si continua (sostituendo il fosforo, se necessario) sino alla scomparsa dell'aria vitale, che lascia un residuo di puro azoto. La reazione avviene con manifestazione di luce e lo sviluppo di calore – assicura Gren – è del tutto impercettibile.

Per la raccolta dell'acido vengono descritte anche altre manovre, non originali e probabilmente foriere di variabili parassite per l'inquinamento di aria atmosferica che quasi di sicuro comportano. Esse sono però interessanti per l'intenzionalità antilavoisieriana che strategicamente veicolano, soprattutto attraverso l'uso di una nomenclatura che contamina vecchie e nuove denominazioni. Per Gren si tratta però di terminologia neutra, utilizzabile da entrambi i partiti in disputa e, a differenza di quella francese, libera da ogni ipotesi teorica, finanche nella scelta del termine *Brennstoff/Phlogiston*.⁹³ Per il chimico tedesco nessuno infatti può negare l'esistenza di uno "Stoff X"⁹⁴ che, unito al calorico liberato nella combustione, si manifesta con i noti fenomeni, capaci di colpire l'organo della vista con tipologie di luce colorata, in funzione dei diversi rapporti che si determinano fra i due *Stoffe*. L'azzardo è notevole.

Un tubo pneumatico convoglia l'aria in un imbuto di vetro di diametro leggermente superiore, inserito in una bottiglia e contenente il fosforo. L'acido prodotto dal minerale in dissoluzione (e non in combustione) non ristagnerà, ma scorrerà quindi fra l'imbuto e il tubo. Ciò che si ottiene è acido fosforoso che a dir meglio si definirà però flogistizzato. Per i lavoisieriani, la differenza sta nell'incompleta saturazione di ossigeno, ma così – rimarca Gren – la chimica nuova semplifica arbitrariamente ciò che accade davvero. Non si tratta solo di una minor percentuale di aria vitale combinata con il fosforo, ma di una parte del flogisto fosforico che non si combina con il calorico. A temperatura moderata l'aria vitale libera infatti il suo calorico lentamente e di conseguenza limitata è la quantità in ogni istante disponibile per legarsi al flogisto. Una porzione di quest'ultimo resta quindi ancora nel minerale, sufficiente per produrre luce, ma non calore sensibile. Ecco quindi che l'acido fosforoso è propriamente acido flogistizzato. Solo una temperatura più elevata consente, nella vera combustione e con le macroscopiche manifestazioni note, l'assunzione di maggior base d'ossigeno e la sua trasformazione in acido fosforico, o – sempre a dir meglio – la sua completa deflogisticazione.

Gren opera in tal modo per il recupero (concettuale e terminologico) di un tema profondamente antilavoisieriano, cioè l'origine del fuoco che procede dalla combinazione di aria vitale e flogisto del corpo. La sinonimia proposta fra base della luce e flogisto sfuma invece l'alterità costituzionale tra fiamma e

93. *Ibid.*, vol. IV, pp. 9-11.

94. *Ibid.*, p. 10.

luce, che lo *Handbuch* a tratti pur individua e segnala come invisibile ai partigiani di Lavoisier. Di fatto Gren non muta gli agenti dei fenomeni luminosi e tanto meno ruolo e costituzione dell'azoto. Lo saranno entrambi, radicalmente e nel medesimo torno di tempo, per opera di Johann Friedrich August Göttling (1753-1809), personaggio di buona visibilità locale, notevole attivismo divulgativo, ma sin lì di rilievo men che modesto a livello internazionale.

II. J.F.A. GÖTTLING E LA CHIMICA DELLA LUCE

II.1. La cucurbita d'ottone

Johann Friedrich August Götting,¹ docente di chimica e chimica farmaceutica all'università di Jena, è fra i primi in Germania a diffondere le novità francesi e a presentare Lavoisier come capofila del partito antiflogistico.² Lo fa sulle pagine dell'“Almanach oder Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, il periodico che fonda e dirige dal 1779, e lo fa in maniera piuttosto pasticciata. Cita la nuova nomenclatura, ma usa abbondantemente quella tradizionale e, nello stesso anno del *Traité* (1789), non nomina né il trattato né la *Méthode* e si riferisce piuttosto agli *Opuscules* nella traduzione tedesca, che esce appunto nel 1789. Eppure, cinque anni dopo, è questo professore tedesco che mette a rumore la chimica europea con una teoria pneumatica originale e alternativa rispetto a tutte le parti in causa.

Nel 1794 Götting pubblica infatti il primo volume del suo *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie* e propone sul “Taschen-Buch” una sorta di prologo dell'opera maggiore.³ Oggetto precipuo del contendere sono

1. Su Götting cfr. Anton Schmitson, *Johann Friedrich August Götting. Kurze Darstellung seines Lebens und seiner Verdienste*, Jena, 1811; Walter Aigner, *Die Beiträge des Apothekers Johann Friedrich August Götting (1755-1809) zur Entwicklung der Pharmazie und Sauerstoffschemie*, LMU München, 1985 (PhD diss.); Rüdiger Stolz, *Johann Friedrich August Götting (1753-1809). Leben, Wirken und Bedeutung*, “Haeckeliana. Abhandlungen zur Wissenschaftsgeschichte”, 1993, II, pp. 46-62; Jan Frercks, *Techniken der Vermittlung. Chemie als Verbindung von Arbeit, Lehre und Forschung am Beispiel von J.F.A. Götting*, “N.T.M. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin”, 2008, XVI, pp. 279-308.

2. Johann Friedrich August Götting, *Lavoisier's Theorie über Verbrennung, das Athemholen der Thiere, Entstehung der Säuren, und Verkalkung der Metalle, als kurze Uebersicht zusammengetragen*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1789, X, pp. 79-120.

3. Götting, *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, Weimar, 1794-1798, 2 voll.; Götting, *Einige Versuche über die Entzündung des Phosphors in reiner und atmosphärischer Luft*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1794, XV, pp. 135-144.

i bagliori emessi dal fosforo in combustione: la questione è se essi risultino contestuali al solo assorbimento di ossigeno – come ha dimostrato Lavoisier – o se la faccenda sia molto più complicata e metta in gioco pure l'azoto – come argomenta Götting, che definisce formalmente la sua monografia un contributo alla *correzione* della chimica antiflogistica. Altra è l'impostazione dell'articolo, dove l'autore dichiara invece di non aver preso e non aver intenzione di prendere posizione nella disputa che oppone il flogisto e il principio acidificante lavoisieriano. Entrambi a suo avviso mancano di evidenze sperimentali decisive, se si esclude la scomparsa dell'ossigeno durante la combustione del fosforo e l'assenza di qualsivoglia *phlogistisirte Luft*.

Nel saggio per la rivista non compaiono quelle che saranno le tesi di rottura del *Beytrag*, né alcuna importante novità di metodo. Leggiamo infatti di classiche esperienze di combustione del fosforo in bocce di vetro, che per lo più si rompono quando vengono riscaldate. Niente di nuovo appare sul fronte della contaminazione dei gas, della purezza dell'ossigeno prodotto con la calce mercuriale e dell'inquinamento da azoto (*verdorbene Luft*) che lo scienziato considera inevitabile quando il fluido elastico è ottenuto da salnitro e da manganese. È tuttavia verosimile che l'autore usi sia la sospensione del giudizio teorico sia la trivialità della procedura per concentrare le luci di scena sulla novità strumentale rappresentata da una cucurbita d'ottone, di capienza data e chiusa con sughero cerato. Essa sostituisce i vetri e però scoppia comunque per la violenza dell'accensione del fosforo.

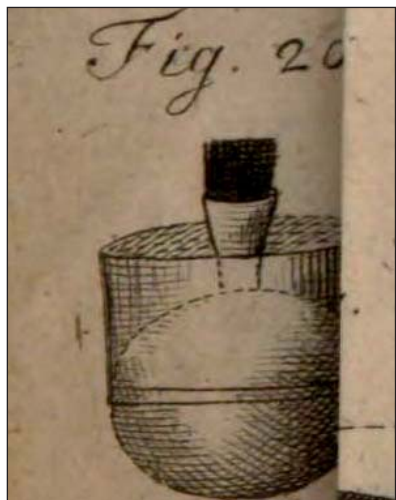


Fig. 11 – Johann Friedrich August Götting, *Einige Versuche über die Entzündung des Phosphors in reiner und atmosphärischer Luft*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1794, XV, fig. 20

Götting modifica quindi il tappo (che era saltato per primo) e soprattutto aggiunge un contenitore esterno che, riempito d'acqua fredda, ha il compito di moderare il calore. Con il dispositivo pneumatico, immette ossigeno e quindi inserisce il fosforo “rapidamente”,⁴ operando – è presumibile – sott'acqua, dettaglio della procedura che viene però taciuto. Infine serra con ogni avvertenza.

Avvicinata la fiamma di una candela al corpo della cucurbita, il reattivo si accende subito e l'apparecchio regge per l'intera durata della combustione. Invero, l'opacità del metallo rende impossibile seguire quanto accade all'interno, ma la cosa non viene rimarcata. Conclusi i fenomeni (che Götting quindi suppone e non vede), lo strumento è riportato al dispositivo pneumatico e stappato sott'acqua. Il liquido entra, ma non riempie completamente la cucurbita. Restano cioè

4. Götting, *Einige Versuche*, cit., p. 140.

vapori fosforici e una piccola percentuale di *verdorbene Luft*. La criticità è bypassata usando ossigeno da calce mercuriale (meno impuro) e lavando con acqua di calce il residuo gassoso. Quest'ultimo viene trasferito in altra cucurbita, dove la procedura si ripete e finalmente l'acqua riempie l'intero contenitore. L'esperimento appare "massimamente importante",⁵ al punto che il professore non solo lo itera più e più volte, ma lo fa in presenza dei suoi uditori, di cui cita la testimonianza.

L'apparecchio può funzionare anche come eudiometro a fosforo – sottolinea Götting – e a tal fine sarà sufficiente accoppiarlo a un ulteriore contenitore di vetro, graduato a partire dal fondo piatto sino al livello raggiungibile da una quantità d'acqua pari alla capienza della cucurbita.

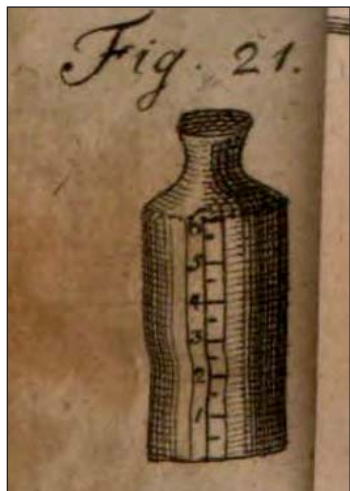


Fig. 12 – Johann Friedrich August Götting, *Einige Versuche über die Entzündung des Phosphors in reiner und atmosphärischer Luft*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1794, XV, fig. 21

Dalla raffigurazione, piuttosto rozza in realtà, non si capisce come venga suddivisa la scala, cioè se consenta poi quella valutazione percentuale che è possibile con l'eudiometro di Giobert. Comunque sia, Götting ripete le manovre e, una volta conclusa la combustione del reattivo, trasferisce nel suo eudiometro la quantità d'acqua che può entrare nell'apparecchio. Essa viene misurata dalla scala e dà, per differenza, il volume di ossigeno già contenuto nel gas da analizzare e assorbito dal fosforo. Viceversa, nulla riesce a penetrare se la cucurbita ospita fluidi elastici che non sostengono respirazione e combustione, quali aria flogizzata, nitrosa, infiammabile e acido aereo.

Molto, invero, è sottinteso nella descrizione delle manovre di trasferimento dei gas e nel maneggio del reattivo e nulla si dice proprio degli inquinamenti da aria atmosferica, che quasi inevitabilmente si producono nei passaggi e a ogni apertura dello strumento. Non sembra insomma che Götting regga il confronto con la letteratura contemporanea e in particolare con la limpidezza delle pagine di Giobert.

II.2. I cinquantanove *Versuche*

È il *Beytrag* il colpo d'ala con il quale Götting costringe lavoisieriani e antilavoisieriani a tornare 'in laboratorio' per confermare certezze date per acquisite negli ultimi dieci anni e riprovare i punti fermi – di sapere e saper fare – sostenuti da apparati sperimentali ben altrimenti rodati. Difficile è dire cosa

5. *Ibid.*, pp. 141-142.

succeda (o cosa Götting s'immagina che succeda) nei pochi mesi che separano l'articolo dalla monografia,⁶ nella quale l'autore si mostra scienziato capace di discutere e reggere il confronto con personaggi come Gren e Richter.

Se si ritiene che la luce sia (debole) combustione, il fosforo dovrebbe risplendere solo in ossigeno, ormai inteso da tutti come l'unico fluido elastico che la consente. Non certo in azoto. Ma questo è proprio quanto, in modo del tutto inatteso e senza manifestazione di calore, è accaduto nelle esperienze di Götting. Ciò lo ha costretto a separare definitivamente le manifestazioni della luce e i fenomeni del fuoco, a distinguere in modo netto la base della luce (*Lichtstoff*) da quella del calore (*Wärmestoff*) e a riconsiderare radicalmente la natura dell'azoto. Ed è proprio su quest'ultima che vengono costruite una teoria pneumatica e una terminologia in larga misura alternative a entrambi i sistemi in campo.

La prima parte del *Beytrag* espone cinquantanove *Versuche*, presumibilmente ricostruiti sulla base di serie sperimentali condotte tra la fine del 1793 e i primi dell'anno successivo.⁷ Götting inizia riportando casi classici di combustione del fosforo in camera chiusa, cioè nella consaputa cucurbita riempita d'ossigeno variamente prodotto. Lo strumento è ancora raffigurato in modo non chiarissimo, ma certo più accettabile: la chiusura è infatti assicurata dalla vite (B) e un treppiede sostiene l'apparecchio, sempre contenuto nel refrigerante. Esso resta dunque il pezzo forte dello strumentario e, a dire di Götting, funziona egregiamente.



Fig. 13 – Johann Friedrich August Götting, *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, Weimar, 1794, vol. I, tavola n.n.

La fiamma della candela innesca velocemente intensi fenomeni di combustione, esauriti i quali, il dispositivo è messo sull'apparecchio idropneumatico sino a che tutto si riporta a temperatura ambiente e il residuo di fosforo si consolida. La cucurbita viene quindi aperta e l'acqua penetra all'interno, ma – già lo sappiamo – non può riempire l'intera capacità. Ciò segnala un assorbimento incompleto del volume gassoso, ma anche un residuo così modesto da essere inconciliabile con la vecchia teoria che prevedeva la flogistizzazione dell'ossigeno ad opera del flogisto fosforico. La scomparsa del gas è invece assicurata quando si usa ossigeno da calce mercuriale, cioè secondo Götting il più puro e affidabile. Il refrigerante annesso alla cucurbita consente d'altro canto di evi-

6. Al settembre 1793 Götting riferisce una nota che premette all'annata 1794 della sua rivista. L'introduzione al *Beytrag* è invece datata marzo 1794.

7. Il *Versuch* n. 6 cita il dicembre 1793 con l'intenzione evidente di garantire, per il realismo del vissuto, l'effettiva esecuzione di esperimenti condotti a temperatura prossima al gelo. Al gennaio 1794 è riferito invece il *Versuch* n. 19.

tare i vapori fosforici che riempiono lo spazio aereo (come era accaduto ai chimici francesi), di impedire gli incidenti da surriscaldamento e di prolungare nondimeno la combustione.

Appena sguardo e manovra si affinano, Götting mette però da parte la cucurbita e torna ai vantaggi della trasparenza. L'intenzione è infatti provare se, a bassa temperatura, si abbia comunque assorbimento del gas. A tal fine, grani del minerale vengono sospesi e perfettamente circondati da ossigeno prodotto da manganese e posto in un contenitore di vetro da otto onces, chiuso da un sughero e sigillato con cera. Nessun bagliore si manifesta al buio e al gelo di dicembre, ma con i tempi adeguati e il graduale avvicinamento al calore della stufa il reattivo inizia a illuminarsi e quindi si accende con violenza tale che il vetro va in frantumi. Il professore si dota di una cassa metallica per evitare spiacevoli incidenti, vi rimette un nuovo contenitore e varia la procedura. Ripete infatti, ma con ossigeno da calce mercuriale (più puro dunque), dove il fosforo resta appeso per giorni. Il minerale non si illumina, neppure aumentando la temperatura, ma lo fa se si lascia la stanza nella penombra. L'ultima precisazione può sembrare un dettaglio ininfluente (quanto meno al lettore che non conosce 'la fine della storia'): si rivelerà per contro una variabile importante. Il racconto si riporta tuttavia presto al soggetto principale ed ecco che in ossigeno da salnitro il fosforo produce vapori che fanno subito ben sperare e che, al buio, risplendono senz'altro, malgrado il dispositivo sia lontano dalla stufa. Il giorno seguente basta un calore temperato per attivare luce chiara e moderata accensione, mentre nei contenitori con ossigeno da calce mercuriale e da manganese non s'innesca alcunché. La comparazione fra rapidità/intensità dei fenomeni e grado di purezza dell'aria vitale (o quanto meno grado di purezza *supposto*) indica dunque un rapporto di proporzionalità inversa.

A questo punto Götting introduce il resoconto di un *Versuch* che segna una netta soluzione di continuità rispetto al percorso sin qui seguito e che sposta l'attenzione allo sviluppo di calore provocato (o non provocato) dalla reazione. Una quantità data di fosforo è infatti posta in un cilindro con acqua calda e un termometro è applicato in modo che il bulbo scavi una fossetta nel minerale. Götting rimuove il dispositivo, raffredda il tutto per consolidare l'incavo, si libera dell'acqua, asciuga il reattivo e vi applica di nuovo il termometro che, ora ben aderente, ne rileverà con precisione la temperatura. Di nuovo, per chi conosce 'la fine della storia', risulta evidente che l'intenzionalità della procedura anticipa il *clou* della sperimentazione, vale a dire la luce che si manifesta senza sviluppo di calore, che non è combustione e che di conseguenza può apparire anche in gas diversi dall'ossigeno, in primis in azoto. Ma l'anticipazione non ha seguito e il racconto torna agli esiti della sperimentazione nelle varie tipologie d'ossigeno. Al risultato deludente del gas da calce mercuriale, si aggiunge quello dell'ossigeno ottenuto per bollitura di aria nitrosa e che Götting considera "estremamente" puro.⁸

8. Götting, *Beytrag*, vol. I, cit., p. 25.

Le cose tornano ad andare in modo più soddisfacente con l'aria atmosferica testata nella cucurbita, dove al termine della reazione penetra al solito tanta acqua quanto è stato il volume gassoso assorbito dal minerale. Con l'apparecchio idropneumatico il residuo viene trasferito prima in un contenitore di vetro (e agitato nell'acqua sino alla completa dissoluzione dei vapori compresenti) e poi in un vaso minore, dove dà esito negativo al test della fiamma. Il fosforo ha dunque rimosso l'ossigeno e lasciato "aria corrotta".⁹ Götting non è un dilettante, sa benissimo che potrebbe non trattarsi di puro azoto: e così infatti dimostra il test ad aria nitrosa con i vapori rossastri e la riduzione di volume. Lo scienziato itera quindi la procedura, ripete usando ogni volta i residui gassosi delle reazioni precedenti e procede sino a che l'inerzia del reattivo lo convince di avere finalmente ottenuto azoto puro. Ne riempie un contenitore di vetro della solita capienza, vi appende un pezzo di fosforo, sigilla e, "con *sua* grande sorpresa",¹⁰ dal minerale si alzano immediatamente vapori. Portato il vaso al buio e al freddo, la luce è addirittura maggiore che in aria atmosferica e si fa ancora più vivace in camera riscaldata. La mattina seguente, il reattivo non brilla più ed è ricoperto da caligine, ma è sufficiente riempire un nuovo vaso con il gas residuo e immettervi un pezzo di fosforo intatto perché i bagliori riprendano per altre dodici ore. Finanche con il 'vecchio' minerale (estratto, asciugato e reintrodotta) la luce al buio non si fa attenere. Ma non solo. Sia la carta che ha toccato il fosforo sia l'acqua del contenitore manifestano marcato odore e sapore di acido, confermato dalla cartina di tornasole. Togliendo e rilavando il fosforo, il gas è sottoposto per settimane al protocollo, al test dell'aria nitrosa e quindi della fiamma, ma l'esito non cambia.

Götting modifica la procedura e produce azoto da aria comune lasciata per due settimane sopra una soluzione di fegato di zolfo in un matraccio tappato al solito e capovolto nell'acqua. Aperto il contenitore, la quantità di liquido che penetra (ovvero la riduzione di volume gassoso, definita "forte",¹¹ ma non misurata) dà certezza che l'ossigeno atmosferico sia scomparso e quindi l'aria residua è di nuovo detta del tutto "corrotta",¹² dato che Götting continua a giocare sulla vecchia (ed equivoca) sinonimia fra azoto e *verdorbene Luft*. Lo scienziato *non* ripete il test con il gas nitroso, riempie di questo 'puro' azoto il solito vaso da otto once e il fosforo risplende nuovamente a ogni temperatura.

La reazione si manifesta pure in gas prodotto a seguito della consueta procedura di scomposizione dell'acqua, gas che per ora l'autore non definisce meglio, ma che spegne la fiamma e che viene lavato in acqua di calce. Serie sperimentali di controllo allestite con 'puro' ossigeno (che si porta malissimo) e con miscele di ossigeno e azoto in percentuali diverse (e reattività proporzionale alla presenza di quest'ultimo) confermano che in azoto la reazione luminosa

9. *Ibid.*, p. 28.

10. *Ibid.*, p. 31.

11. *Ibid.*, p. 36.

12. *Ibid.*

è vivace, costante e regolare a ogni temperatura e che il fosforo riluce in ossigeno solo se quest'ultimo ne è contaminato. A questo punto Göttling frena e anticipa l'obiezione più ovvia: il suo azoto potrebbe consentire la reazione solo perché inquinato da aria atmosferica, che penetra nei contenitori a seguito delle numerose manovre e dell'apertura ripetuta dei vasi. Le procedure vanno perciò riprese e variate.

Compaiono cinque piccoli cilindri di vetro di dimensioni date, dove la cera fusa fissa pezzi di sughero, nei quali stanno a loro volta conficcati aghi che reggono grani di fosforo. Con l'apparecchio idropneumatico si immette ossigeno ottenuto da calce mercuriale e proveniente da altrettanti fiaschi, numerati secondo l'ordine di produzione. Lo scienziato rinumerava di conseguenza i contenitori e li pone in ciotole con acqua. Contestualmente, e secondo il procedimento già descritto, tre accensioni del fosforo in aria comune generano azoto negativo all'aria nitrosa. Göttling ne riempie un sesto cilindro e, per confronto, ne predisporre anche altri due con aria atmosferica e con una miscela costituita da due parti di ossigeno e una di azoto. Trasporta tutto in ambiente adeguatamente riscaldato, al buio (perché non sfugga alcun bagliore) e in posizione abbastanza prossima alla stufa. Dopo circa mezz'ora, luce brillante si osserva nel contenitore con puro azoto, meno viva in aria atmosferica, più tarda e debole nella miscela, ma nulla in ossigeno.

Nelle sere successive i fenomeni si ripetono costanti, ma al terzo giorno la luce in azoto si attenua, certamente a causa – riflette Göttling – degli abbondanti vapori acidi che si sono sviluppati durante la giornata. Si decide inoltre per l'inserimento nella stufa di uno dei cilindri delle ciotole, cioè quelli con puro ossigeno, dove il fosforo è rimasto sino a quel momento inattivo. In realtà *il lettore suppone* che si tratti del contenitore con ossigeno, dato che, nel resoconto, la distinzione rispetto ai cilindri di controllo con aria comune e con la miscela di ossigeno/azoto non è più riportata. Comunque sia, il calore determina nuvole di vapori infuocati e bagliori intensi. Riportato il vaso alla temperatura della stanza, il fosforo smette di luccicare, salvo riprendere a ogni riscaldamento, sino alla fusione del minerale e alla combustione dei vapori fosforici. Da due cilindri, il reattivo viene “accortamente”¹³ estratto e la cartina di tornasole non muta colore: non c'è acidità. Un terzo contenitore è invece scaldato sino a che il fosforo inizia a colare dagli aghi e questa volta, sollevato il cilindro, l'indicatore si arrossa, dimostrando l'avvenuta combustione e acidificazione del fosforo. Nel frattempo il minerale in puro azoto ha smesso di brillare, ma è sufficiente predisporre campioni con nuovi pezzi perché lo stesso gas si mostri ancora perfettamente attivo.

I bagliori del fosforo in azoto hanno, con tutta evidenza, dissociato la produzione di luce dalla combustione, sempre che – rimarca Göttling – davvero non si dia sviluppo di calore contestuale all'emissione luminosa. Può quindi tornare sulla scena l'anticipazione misteriosa contenuta nel nono *Versuch*, cioè

13. *Ibid.*, p. 49.

la proposta di plasmare sul fosforo, ammorbidito in acqua calda, il bulbo di un termometro, che vi aderirà perfettamente e darà con massima precisione le variazioni di temperatura del reagente. In quel punto, la descrizione della manovra era stata un 'errore narrativo', che infatti sottintendeva una tesi non esplicitata e tanto meno provata. La costruzione della scrittura ne risultava in affanno perché il ritmo veloce dell'elaborazione teorica precorreva il tempo della sperimentazione. Ora tutto si fa chiaro. La finalità è inquadrata e chiarita: bisogna valutare quanto sulla reazione incida la temperatura ambiente, ma soprattutto provare, in assenza/presenza di luce, l'effettivo sviluppo di calore nel fosforo medesimo, ovvero affrontare la criticità decisiva e 'invisibile' per i lavoisieriani e per chiunque assimili combustione e produzione di luce.

Il *Versuch* n° 20, che prende di petto la questione, varia il protocollo rispetto alla descrizione precedente, fissa un termometro nel piccolo incavo di cui è appositamente già dotato un cilindro di vetro e sigilla al bulbo un pezzo di fosforo (è quindi possibile che, in tal modo, si perda l'aderenza perfetta prevista dalla versione iniziale della procedura, ma tant'è). Con l'apparecchio idropneumatico si immette azoto, in modo che il reattivo ne sia circondato e, in una camera normalmente riscaldata, il fosforo si illumina, ma il mercurio del termometro non s'innalza. La luce in azoto – conclude Götting – non ha comportato alcuna liberazione di calorico ed è dunque generalmente possibile anche in fluidi elastici che non reggono la combustione.

Complica le cose un protocollo ulteriore, dove la metodica è pre-costituita dall'intenzione teorica in modo ancora più marcato, quasi che il caso epistemologico classico dell'osservazione "carica di teoria" si metamorfizzi in *procedura* teoricamente pre-determinata. Ciò avviene quando fa la sua comparsa il più inquietante tra gli aspetti di rottura della pneumatica di Götting. Un *Versuch* precedente – si ricorderà – ha invero già citato reazioni opposte *in presenza* di buio e luce, che però in quel momento ancora non erano formalmente stabiliti come variabili alle quali connettere la diversità degli esiti. Buio e luce sembravano insomma dettagli concreti della scena sperimentale, al pari di altri epifenomeni e contingenze. Ora invece la narrazione passa dagli effetti del calore a quelli della luce. Il professore di Jena usa dunque ossigeno da calce mercuriale che proviene da due matracci conservati per quattro settimane rispettivamente nel buio della cantina e alla luce della finestra. Il gas rimasto all'oscuro consente l'accensione del tizzone per un numero di volte più che doppio rispetto all'altro che, in forza del debole chiarore invernale, è dunque diventato "peggiore per più della metà".¹⁴ Il test è rozzo, quanto il criterio per giudicare del deterioramento, ma il prosieguo del protocollo è sorprendente. Nell'ossigeno tenuto in cantina il fosforo non dà alcun bagliore a nessuna temperatura, mentre in quello (peggiore) che è stato esposto sulla finestra il reattivo vaporizza, s'accende e provoca lo scoppio del solito contenitore di vetro, pur essendo collocato lontano dalla stufa.

14. *Ibid.*, p. 52.

A questo punto però la strategia della ‘procedura teoricamente orientata’ si ribalta. Quanto più le manovre attaccano i capisaldi del sistema francese, tanto più lo scienziato fa mostra di accanirsi nella caccia a inquinamenti diversi che possano ancora inquadrare le ‘bizzarrie’ nei principi della *chimie nouvelle*. A questo proposito particolarmente compiacenti sembrano le vicende del gas acido carbonico. La procedura è la solita e il contenitore di vetro viene riempito del fluido elastico ottenuto da creta posta in una storta con acido vitriolico. Il fosforo appeso emette vapori e s’illumina in ogni temperatura, ma lo fa in modo intermittente e, a 48 ore dalla reazione, deposita una polvere giallastra mai vista prima e di natura ignota. Dopo alcuni giorni, il professore estrae il minerale, che arrossa la cartina di tornasole e altrettanto fa l’acqua residua, che ha marcato odore di acido. Intrigato dalla doppia novità costituita dall’intermittenza dei bagliori e dalla polvere misteriosa, Göttling ripete con un matraccio contenente maggiore quantità dello stesso gas e un grosso pezzo di reattivo. La luce è sempre discontinua e a due settimane di distanza il deposito ricopre in massima parte il fondo della bottiglia. La reazione non ha sostanzialmente ridotto la quantità del gas né sembra averne mutato la natura (l’acqua di calce s’intorbida al solito). Viene riesumata la cucurbita, che è in grado di assicurare un riscaldamento impossibile nel vetro, e il fluido elastico rimanente è trasferito in un contenitore pieno di acqua calda, dove vapori momentanei cessano in fretta allorché il gas si vi meschia. Il residuo (moderatamente ridotto di volume) viene lavato in acqua di calce (che ancora si intorbida) e, trasferito nel noto vetro da otto onces, il fosforo vi resta finalmente inattivo. Göttling riapplica il protocollo, aggiunge l’avvertenza di scartare il primo gas acido carbonico ottenuto, cioè il più esposto all’inquinamento di aria comune, e ottiene conferma sia del successo per l’azione combinata di fosforo e cucurbita sia dell’insufficienza del gas nitroso: tolto ciò che esso può rimuovere – cioè l’ossigeno – la luce appare comunque.

La contaminazione è dunque sempre in agguato, ma può essere sconfitta alimentando il circolo virtuoso della prudenza e dell’acribia. Il racconto dell’errore è strategico e diventa narrazione di un percorso a ostacoli che convince con l’ostensione della meticolosità. Ecco infatti che il professore introduce una ‘nuova’ accortezza, quella (in realtà ben nota) di non rimuovere dall’acqua i contenitori dove viene convogliato l’acido aereo prodotto nella storta. Dieci bottiglie vengono allestite nel solito modo, ma il gas della sesta non è sottoposto al lavaggio con latte di calce e, trasferito nel vetro dove è appeso il fosforo, la reattività non cambia. Testati con gas nitroso, i campioni degli altri matracci rinnovano la già verificata reazione indebolita e un tizzone ardente vi si spegne senz’altro. Göttling sembra convinto che quel gas sia perciò “in massima parte” azoto,¹⁵ e tuttavia rimette in funzione la cucurbita con fosforo che viene surriscaldato in gas acido carbonico. Il fluido elastico rimanente è trasferito e agitato in acqua di calce sino alla completa dissoluzione dell’acido aereo: il minimo residuo dovrebbe essere puro azoto e invece al test con aria nitrosa ancora si

15. *Ibid.*, p. 71.

verifica una contrazione di volume – modesta, ma comunque inspiegabile, nonché accompagnata da vapori biancastri. La caccia all'inquinamento prosegue.

La sede della contaminazione forse non sta nel gas, ma nella creta o nell'olio di vitriolo sin lì impiegati. Götting muta quindi materiale e processo di produzione, assicura di aver escluso ogni traccia di aria atmosferica dai dispositivi, mantiene i matracci capovolti nell'acqua, ma nulla cambia. Ciò che resta è un fluido elastico di natura a dir poco problematica, non più assorbibile dall'acqua di calce, negativo al test della fiamma, irregolarmente positivo all'aria nitrosa e nel quale il fosforo fuma e riluce. Dato che il puro acido aereo si è già dimostrato perfettamente inerte, bisogna capire quale sia la componente che innesca la reazione. Nel solito vetro da otto onces, a due parti di gas acido carbonico si unisce una parte di ossigeno, si colloca il fosforo e si trasporta nei pressi della stufa, ma né vapori né luce sono percepibili.

La conclusione è ovvia: acido aereo prodotto con i metodi consueti è dunque generalmente misto ad aria comune (cioè ad azoto e ossigeno). Nel sistema francese ciò avrebbe dimostrato senza ombra di dubbio l'attività di quest'ultimo. Per Götting invece il fatto di per sé non dirime che cosa provochi i bagliori: se si tratti di residui di ossigeno, di azoto o altro ancora. Due sono invece i punti fermi: 1) nel gas acido carbonico la combustione del fosforo rimuove l'ossigeno e 2) il gas residuo (nel quale nessuna luce può accendersi) ancora reagisce all'aria nitrosa, sia pur nel modo anomalo che s'è visto, cioè con minima contrazione di volume e vapori biancastri. La situazione richiede – sottolinea Götting – la massima attenzione. In realtà il conflitto evidente tra i due fatti dovrebbe suggerire inquinamento da ossigeno (cioè un'azione incompleta da parte del fosforo) e invece – potenza della presupposta teoria 'azotica' – esso resta invisibile e la ricerca della contaminazione devia altrove.

Lo scienziato introduce l'idrogeno, che sviluppa da limatura di ferro trattata con olio di vitriolo diluito. Inserisce il fosforo e, in ambiente buio e riscaldato, ecco i vapori e le "nuvole"¹⁶ luminose già rimarcate con il gas acido carbonico. Luce nel fosforo a ogni temperatura, odore acido e arrossamento della cartina di tornasole – quindi risultati ancora più eclatanti – si ottengono introducendo maggiori avvertenze sperimentali, cioè usando idrogeno negativo al test con aria nitrosa (non c'è ossigeno), ottenuto da zinco in acido cloridrico e dopo di aver scartato la prima emissione. La luce in idrogeno sconcerata e quindi la caccia all'agente inquinante riprende. Götting usa una soluzione acquosa di alcali caustico per escludere acido, che in qualche forma volatile abbia contaminato il gas, ma vapori e bagliori si ripresentano infallibilmente. L'idrogeno resta per una notte sopra la soluzione di fegato di zolfo (che assorbe l'ossigeno), il fosforo non riluce più e lo zolfo deposita abbondantemente: l'evento sembra fare la differenza. Götting apre sott'acqua il contenitore, ma non verifica alcun aumento nel volume della soluzione e, trasportata la residua aria infiammabile in altro vaso, vapori e bagliori si ridestano al solito nel minerale. Allungare i

16. *Ibid.*, p. 82.

tempi del contatto con il reattivo, agitare per bene gas e soluzione mantenendo i contenitori capovolti nell'acqua non muta la situazione.

Vista l'impotenza dell'alcali caustico e del fegato di zolfo, Götting rimette in funzione la gloriosa cucurbita, la riempie di idrogeno ottenuto da limatura sia di ferro sia di zinco e vi introduce il fosforo. Riscaldato per dodici minuti alla fiamma della candela, esso produce una non trascurabile riduzione del volume del gas. L'aria residua è trasferita in un contenitore pieno d'acqua e da qui in un piccolo cilindro, dove il fosforo è infisso su un ago. Nessun fenomeno luminoso si manifesta: l'aria infiammabile ha finalmente perso il *quid* che consentiva la reazione e che il professore sospetta essere acido cloridrico sovraossigenato, per qualche ragione mischiato all'idrogeno. Ricostruisce quindi sperimentalmente la situazione e i risultati confermano l'ipotesi. Di nuovo: nessun dubbio che possa semplicemente trattarsi di ossigeno entrato con le manovre e sfuggito ai reattivi.

Fenomeni deboli si sprigionano dal fosforo che lo scienziato introduce in idrogeno ottenuto per decomposizione dell'acqua, ma non si verificano se lo stesso gas viene posto in un matraccio accuratamente sigillato e lasciato in osservazione per ben otto giorni. L'esito non cambia mutando la tecnologia produttiva e/o decontaminando dall'acido aereo. È invece sufficiente che l'aria atmosferica penetri e prenda il posto dell'idrogeno (più leggero) e il minerale riluce ottimamente in ogni temperatura. Un lavoisieriano concluderebbe di nuovo per un inquinamento da ossigeno. Götting propone invece una narrazione ben diversa e già teoricamente impostata sui principi che nella seconda parte del *Beytrag* avranno piena strutturazione.

I fenomeni luminosi si verificano dunque nel fosforo quando l'aria infiammabile subisce un passaggio in più e dal contenitore, che la raccoglie dopo la produzione, transita al solito vetro. Essi sono cioè causati da aria atmosferica che entra malgrado ogni avvertenza. L'esito è infatti identico riproducendo artificialmente la contaminazione e si ripete anche nella cosiddetta aria detonante, cioè in due parti di aria infiammabile e una parte di ossigeno. Götting non commenta, non si esprime su quale sia la componente attiva dell'aria comune, ma introduce una novità procedurale di nuovo 'carica di teoria'. Produce idrogeno per scomposizione dell'acqua, ne riempie due vesciche assicurate a una canna da pipia surriscaldata e per un'ora sospinge il fluido elastico da una all'altra. La diminuzione del volume gassoso è notevole al punto che, legata la parte rimasta vuota, l'apparenza è quella di un'unica vescica, con la quale il lavoro prosegue per un'altra mezz'ora senza ulteriore riduzione. Il residuo viene trasferito con l'apparecchio idropneumatico a un contenitore di vetro e la conclusione è ad effetto. Non c'è più traccia di idrogeno (che è tutto sfuggito dai pori del tubo pneumatico), il gas si comporta "in tutto e per tutto"¹⁷ come azoto e in esso il fosforo riluce alla grande. Götting si dice infatti "molto in-

17. *Ibid.*, p. 102.

clinato a credere¹⁸ che l'idrogeno ottenuto con la scomposizione dell'acqua abbia una componente azotica. Essa si manifesta ora più ora meno (ciò che spiega l'incostanza dei bagliori fosforici) a seconda di quanto viene prolungato il passaggio attraverso il tubo incandescente. Dopo di aver lanciato le provocazioni maggiori, la prima parte del *Beytrag* chiude su fenomeni diversi e assai meno eclatanti. In effetti non manca nulla perché nella seconda sezione si delinea il sistema.

II.3. *Lichtstoffluft*

Due sono i punti fondamentali: l'irriducibilità della luce a epifenomeno del calore e la natura composta di quelle che i lavoisieriani considerano sostanze semplici. La luce (*Lichtstoff*) non è (debole) combustione e calore modificato (*Wärmestoff*), ma principio diverso e indipendente, imponderabile quanto il calorico (e quanto il flogisto, che Götting non nomina) e come il calorico percepibile unicamente per i suoi effetti. Si produce luce e fiamma solo quando *Lichtstoff*, che entra nella composizione di tutti i corpi combustibili, si unisce per affinità a *Feuerstoff* – come infatti molto più coerentemente si deve denominare il calorico. Di quest'ultimo è massima fonte l'ossigeno che non contiene *Lichtstoff*, ma è appunto composto da *Feuerstoff* e dalla nota base acida lavosieriana (*Sauerstoff*), anch'essa impercettibile allo stato libero. Neppure i metalli sono sostanze semplici e risultano piuttosto composti di *Lichtstoff* e specifici *Metallstoffe*, hanno affinità con la base acida e con essa si combinano in calci. Se la saturazione non è piena, le note qualità degli acidi e delle calci non si rendono sensibili, e così infatti avviene proprio nel caso dell'unione di *Sauerstoff* con *Feuerstoff* (in ossigeno) e con *Wasserstoff* (in acqua).

Lichtstoffluft sarà il nome nuovo e corretto per ciò che sinora si è chiamato azoto, che gli esperimenti hanno mostrato in grado sia di far rilucere sia di acidificare il fosforo e che l'analisi ha indicato composto di *Lichtstoff* e della stessa base acida dell'ossigeno. In esso il legame tra i componenti del fosforo (*Phosphorstoff* e *Lichtstoff*) si scinde. Il primo assume per massima affinità la base acida del gas e si combina in acido fosforico. Contestuale è la liberazione del secondo, rivelato dagli appariscenti fenomeni luminosi e particolarmente abbondante perché fornito sia dal fosforo sia dall'azoto. Maggiore è la quantità di *Lichtstoff*, minore è la temperatura necessaria per l'innesco e gli esperimenti eseguiti provano infatti che lo sfavillio del fosforo è, a parità di calore, decisamente maggiore in azoto che in ossigeno. Le temperature rilevate dal famoso termometro aderente al fosforo mostrano poi che in puro azoto il minerale emette bagliori, ma non calore. Ciò conferma che la luce non è vera combustione, la quale richiede sempre e comunque lo sprigionarsi sia di *Lichtstoff* sia di *Feuerstoff*, che nell'azoto non c'è.

18. *Ibid.*

A questo punto s'intende perché il fosforo luccichi bene anche in aria atmosferica, che è azoto per parte largamente maggioritaria. Poiché in tal caso viene liberato pure *Feuerstoff* (dalla componente ossigena), ciò che accade può essere definito una debole, ma effettiva combustione. E s'intende pure perché in aria comune, dove l'ossigeno è solo una piccola porzione, il fosforo non bruci se la temperatura non è adeguatamente aumentata e, viceversa, una minor temperatura basti per innescare l'autocombustione qualora il rapporto percentuale fra i due fluidi elastici venga invertito.

In ossigeno, per contro, è unicamente il minerale a mettere in gioco *Lichtstoff*, il quale – benché Götting continui a non nominarlo – assomiglia sempre di più al vecchio flogisto. In questo caso la bassa temperatura non riesce a scindere ossigeno e fosforo nei loro elementi. Solo ai gradi della combustione, *Feuerstoff* dell'ossigeno e *Lichtstoff* del fosforo danno fuoco e luce, mentre *Sauerstoff* si combina con *Phosphorstoff* in acido fosforico. Dato che quest'ultimo passaggio avviene anche in puro azoto (che infatti contiene la base acida), la denominazione di *Sauerstoffluft*, che traduce in tedesco la nuova nomenclatura francese, è per Götting decisamente scorretta. Di qui la proposta del termine *Feuerstoffluft* per individuare l'ossigeno in maniera univoca – almeno per quanto è possibile farlo nel caso di un fluido elastico che si è rivelato non poco instabile e capace di tramutarsi in azoto per azione della luce.

La metamorfosi dell'ossigeno è sicuramente l'azzardo maggiore. Per la chimica nuova le sostanze possono infatti combinarsi in vari modi, si compongono e si scompongono, ma solo nei sistemi tradizionali esse si trasformano in altro per opera di agenti del mutamento. L'evento è tuttavia ricondotto da Götting a rapporti di affinità tra *Stoffe*. *Lichtstoff* ha infatti per *Sauerstoff* affinità maggiore di quanto non l'abbia *Feuerstoff* e perciò sul puro ossigeno la luce può agire efficacemente e scindere l'unione dei suoi componenti. *Lichtstoff* e *Sauerstoff* di conseguenza si combinano (con liberazione di *Feuerstoff*) ed ecco che *Feuerstoffluft* si trasforma in *Lichtstoffluft*.

Il sistema tedesco, ormai solidamente definito, dà conto anche delle situazioni opposte, vale a dire quelle dove luce e/o calore sono impossibili. L'acido aereo, per esempio, non consente al fosforo né luce né combustione a nessuna temperatura. I legami tra i loro rispettivi componenti sono infatti più forti di quelli che dovrebbero instaurarsi. Quanto all'idrogeno, comunque ottenuto, in esso il fosforo non dà bagliori, perché il gas non contiene la base acida necessaria affinché *Phosphorstoff* si leghi ad essa e *Lichtstoff* si liberi. Il fosforo vi riluce invece quando l'aria infiammabile è mischiata a una base estranea: ciò che avviene se il gas origina da una soluzione di ferro o zinco in acido vitriolico o muriatico. Per calcinare, lo *Stoff* metallico non usa infatti tutto il *Sauerstoff* dell'acqua: la porzione che resta libera rende l'acido vitriolico o muriatico superossigenato e si lega così strettamente all'idrogeno che nulla possono l'alcali caustico o la soluzione di fegato di zolfo. Il legame si rompe solo con il surriscaldamento del fosforo. In tal modo parte di *Sauerstoff* si lega a *Lichtstoff* (liberato) e spiega ciò che è sicuramente impossibile per un lavoisieriano, ma

diventa possibilissimo nel sistema di Götting, cioè la formazione di azoto (*Lichtstoff* + *Sauerstoff*).

In idrogeno esiste *Lichtstoff* e infatti, quando esso si combina con ossigeno ad alte temperature, si crea fuoco (*Lichtstoff* + *Feuerstoff*), ma nella fiammata si origina pure vapore acqueo e quindi in idrogeno deve esistere una base (*Wasserstoff*) che con *Sauerstoff*, liberato dall'ossigeno, forma acqua. *Wasserstoff* assume di *Sauerstoff* solo quanto basta per esserne saturato – infatti non genera un acido, ma una sostanza insapore e inodore quale appunto è l'acqua. La cosa è evidente collocando fosforo in aria detonante, costituita da due parti di idrogeno e una di ossigeno. Qui la reazione è di luce e fiamma (dato che si libera non solo *Lichtstoff*, ma anche *Feuerstoff*) e, se si immette una sostanza incandescente, lo scambio dei componenti è violento, segnalato da forte esplosione, con fuoco e vapore acqueo. A bassa temperatura la luce può essere viva (perché si sprigiona sia dal fosforo sia dall'idrogeno), ma la quantità di *Feuerstoff* che si rende libera è sufficiente per liquefare e non per accendere il minerale, che si scioglie in gocce trasparenti.

Formazione di azoto si verifica e si spiega nella decomposizione del vapore acqueo attraverso la consaputa canna da pipia incandescente. *Wasserstoff* e *Lichtstoff* sfuggono attraverso i pori del tubo, *Feuerstoff* e *Sauerstoff* si combinano in ossigeno, ma con i residui di *Sauerstoff* e soprattutto *Lichtstoff* si forma azoto contaminato di ossigeno, cioè aria atmosferica dove quest'ultimo è in percentuale inferiore alla norma. Se poi il tubo incandescente è di ferro e viene riempito di aghi dello stesso metallo, dal vapore acqueo si ottiene idrogeno con una piccola percentuale di azoto. L'acqua viene infatti perfettamente scomposta e il suo *Sauerstoff* si lega con la base del metallo e ne libera *Lichtstoff* che, combinato con *Wasserstoff* dà idrogeno e, con una parte ulteriore di *Sauerstoff*, forma – di nuovo – ciò che è impossibile per i lavoisieriani, cioè azoto, composto appunto, per la pneumatica di Götting, di *Sauerstoff* e *Lichtstoff*.

In aria nitrosa il fosforo non riluce e non può rilucere: si tratta, a giudizio del professore di Jena, di acido nitroso che ha perso una parte del suo *Sauerstoff* e il cui rimanente è così legato a *Licht-* e *Feuerstoff* da non riuscire ad agire sul fosforo liberandone *Lichtstoff*. Quando l'acido nitroso agisce su un metallo, parte della sua base acida si combina infatti con quella del metallo e lo rende calce, liberando *Lichtstoff* del metallo, che con *Sauer-* *Licht-* e *Feuerstoff* dell'acido, forma appunto l'aria nitrosa. Quest'ultima ha quindi una notevole quantità di *Lichtstoff* (quella che già possedeva come acido e la parte che viene dal metallo), ma poco *Feuerstoff*. Aggiunto ossigeno all'aria nitrosa (nel noto test rivelatore), ecco però che si ristabilisce il rapporto fra *Sauer-* e *Feuerstoff*, necessario per originare acido nitroso. Ciò accade con notevole calore e vapori rossastri, che, se compressi, diventano fuoco e indicano un surplus di *Licht-* e *Feuerstoff* rispetto a quanto l'aria nitrosa necessita per diventare acido nitroso.

Il sistema inquadra pure fenomeni francamente 'biochimici', ma questa volta l'accordo con Lavoisier è pieno. Nel corpo vivo l'azoto entra ed esce perfettamente intatto e i processi respiratori avvengono solo in forza dell'ossi-

geno introdotto con l'aria atmosferica.¹⁹ *Kohlenstoff* e *Wasserstoff*, trasportati dal sangue, hanno entrambi affinità con *Sauerstoff* dell'ossigeno e quindi non è neppure necessaria una temperatura particolarmente alta perché si combinino formando acido carbonico e vapore acqueo, espulsi coll'espiazione. Al loro posto è ceduto *Feuerstoff* che mantiene il calore animale.

Gli *Stoffe* di Götting si scompongono e ricompongono dunque in forza di affinità di fatto postulate, quanto il numero e l'esistenza degli *Stoffe* medesimi. I loro giochi si riproducono per una molteplicità di casi che i lavoisieriani avrebbero piuttosto definito (e definiranno) situazioni eclatanti di inavvertenza sperimentale, cioè di inquinamento dei gas a opera dell'aria atmosferica. Da questo punto di vista il sistema tedesco è invece assai più compiacente: la teoria anticipa e impronta di sé le procedure di prova in una circolarità che finisce naturalmente per produrre esiti conformi alle attese. In una dottrina, che considera composto ciò che per la nuova chimica è semplice, non esiste (o quasi) il caso 'impossibile'.

II.4. L'azoto "fosforico"

Le prime voci critiche nei riguardi di Götting sono contemporanee all'uscita del *Beytrag* e provengono proprio dal composito fronte tedesco. Già nel secondo volume del suo *Handbuch* Gren riprende ed espone le tesi di Götting.²⁰ La 'chimica dell'azoto' gli appare tentante e suggestiva, ma il nuovo sistema non considera adeguatamente talune variabili viceversa decisive, quali la temperatura (troppo) bassa e la "crosta"²¹ che si forma sul fosforo durante la reazione. Per non dire della criticità maggiore: il professore di Jena dovrà ammettere che nella combustione in aria atmosferica è la componente ossigena (e nient'altro che la componente ossigena) che scompare. La conclusione per Gren è sbrigativamente pragmatica e tuttavia coglie nel segno. Götting pretende alla novità, ma la sua teoria è in realtà sincretica. Quand'anche fosse sperimentalmente stabilita in modo pieno, essa non potrebbe che consolidare i fondamentali del sistema flogisticistico riformato che Gren propone e che toglie all'aria vitale la fonte della luce per porla nel fosforo e negli altri corpi combustibili.

A partire dal 1795, ricche d'interventi su fosforo e azoto sono le pagine delle "Chemische Annalen" e del "Neues Journal der Physik" edito dallo stesso Gren, dove proprio il primo numero della rivista apre con un nuovo intervento di Götting,²² che accentua i punti di conflitto con la chimica lavoisieriana e le

19. Su questa posizione Götting sarà anche nello *Handbuch der theoretischen und praktischen Chemie*, Jena, 1798-1800, vol. II, pp. 31-32.

20. Gren, *Systematisches Handbuch*, cit., vol. II, pp. 318-319.

21. *Ibid.*, p. 318.

22. Götting, *Etwas über den Stickstoff und das Leuchten des Phosphors in der Stickluft*, "Neues Journal der Physik", 1795, I, pp. 1-15 (pubblicato anche sul "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1795, XVI, pp. 167-196).

convergenze tra *Lichtstoff* e flogisto, al solito però mai nominato. Molto è il già noto: la maggior temperatura che l'ossigeno richiede perché il fosforo vaporizzi e risplenda, i bagliori senza calore che il minerale emette in *Stickluft* (Göttling torna infatti alla terminologia tedesca tradizionale) e l'acidificazione del reattivo in forza della base acida comune a ossigeno e azoto. Ma qual è la fonte di luce e calore? Entrambi derivano dall'ossigeno, oppure il calore proviene dall'ossigeno e la luce dal fosforo? Il diverso comportamento dei due gas consente di separare di netto le sorti di *Feuerstoff* (che sta nell'ossigeno ed è forse presente in azoto solo per quella minima quantità che ne fa un fluido elastico) e di *Lichtstoff* (che manca all'ossigeno, è nell'azoto come in tutti i corpi combustibili e – possiamo aggiungere – solo il nome rende altro dal flogisto). Queste sono le basi della teoria e contro di esse nulla possono gli esperimenti recenti condotti proprio dai colleghi tedeschi. Göttling ne è assolutamente certo, eppure riprende la via del laboratorio. La partita – sostiene – si decide davvero sul terreno della contaminazione dei gas e dei reattivi, quindi delle avvertenze di metodo e del puntiglio procedurale. A ciò è infatti dedicata tutta la seconda parte dell'articolo.

Il professore di Jena decide di modificare il protocollo e prolungare la combustione del fosforo in aria atmosferica, portando nel fornello chimico la nota cucurbita (che ha già subito la fiamma della candela) e lasciandovela per un'ora. Raffreddato e aperto lo strumento sott'acqua, il liquido vi entra per quantità pari all'aria vitale assorbita e il gas rimanente ha tutte le caratteristiche dell'azoto, ma vi si percepisce un netto odore di fosforo e quest'ultimo non vi riluce. Considerata l'unica variante introdotta rispetto alla procedura consueta, scatta l'idea che l'inerzia non sia affatto un punto a favore del partito lavoisieriano. Sono piuttosto la combustione e il calore prolungati che hanno determinato la combinazione di fosforo e azoto in “azoto fosforico” (*phosphorische Stickluft*),²³ il quale del fosforo assume l'odore, perdendo però la capacità di farlo brillare. Il metallo del contenitore è invece perfettamente innocente, dato che i fenomeni non cambiano sostituendo alla cucurbita una boccia di vetro, con tappo parimenti di vetro, sigillata da una vescica inumidita. Si tratta dunque di gas inquinato, che bisogna decontaminare.

Göttling ne allestisce un contenitore di capienza data e vi introduce, “il più in fretta possibile”,²⁴ sia gocce di acido nitroso sia una soluzione acquosa di acido cloridrico sovraossigenato. Il risultato è l'immediata manifestazione di vapori fosforici biancastri e acidi. Lava il gas in acqua e verifica deposizione dei vapori, minima riduzione di volume, ma soprattutto scomparsa dell'odore sospetto. Il residuo non sostiene la combustione, non reagisce all'aria nitrosa, ha finalmente tutte le caratteristiche dell'azoto puro e *infatti* in esso il fosforo torna a brillare alla temperatura consueta. Quanto ai bagliori che si rendono percepibili al grado di fusione del fosforo, essi non provengono dal reattivo, ma

23. *Ibid.*, p. 9.

24. *Ibid.*

dalla sua vaporizzazione nel gas, e infatti la luce è quella di “nuvole debolmente luccicanti”.²⁵ La caccia al ‘puro’ azoto prosegue.

Un cilindro di vetro con mercurio sostituisce la cucurbita e il reattivo vi resta in aria atmosferica per nove giorni, cioè sino a che neppure nuovo fosforo introdotto riesce a brillare. Sott’acqua, il gas residuo (con rimarcabile odore di fosforo) passa ad altro vaso ed è trattato con acido nitrico sovraossigenato, cioè viene accuratamente depurato (ma – ammette Göttling – non testato poi con aria nitrosa). Scomparsi vapori e odore, il fosforo dà nuovamente ottima luce. Ecco dunque che l’inquinamento ‘fosforico’ dell’azoto può avvenire, sia pur in tempi più lunghi, anche a bassa temperatura.

Bisogna però capir meglio se la pernicioso fosforizzazione si verifichi nell’azoto incontaminato o piuttosto si leghi a un’originaria impurezza da ossigeno. Göttling riprende perciò lo stesso azoto fosforizzato e lo depura secondo il protocollo. Quindi vi fa ardere il reattivo per un’ora, attende il raffreddamento, apre sott’acqua e nota un’impercettibile riduzione di volume del gas, che non si è affatto fosforizzato e non ha perso la capacità di far rilucere il fosforo. Nei casi precedenti potrebbe dunque aver giocato qualche ruolo il calorico presente nella componente ossigena dell’aria atmosferica. L’azoto davvero puro dunque non si fosforizza, non perde la capacità di innescare bagliori nel minerale e di acidificarlo anche rinnovando le accensioni. Per contro, se la fosforizzazione indica contaminazione, ciò conferma che la modalità produttiva per combustione del fosforo in aria atmosferica ben difficilmente consegue la purezza, soprattutto prolungando i tempi del riscaldamento.

Göttling è tuttavia convinto che un azoto “abbastanza puro”²⁶ si ottenga comunque con il ‘doppio passaggio’ previsto dal suo protocollo. La cucurbita infatti è riempita con aria atmosferica e viene raffreddata non appena avvenuta la combustione. Questa prima manovra garantisce la rimozione veloce della maggior parte dell’ossigeno, cioè di quella che secondo Göttling è per eccellenza condizione per la fosforizzazione dell’azoto. Il residuo passa però a un ulteriore contenitore, dove via via è aggiunto il gas prodotto iterando la procedura. Tutto l’azoto così generato viene infine ricollocato nello strumento, che fa quel che deve.

L’azoto – rimarca il professore di Jena – conserva la sua attività reattiva anche utilizzando altre tipologie di produzione. Göttling ricorda infatti di averne generato da fegato di zolfo e di averlo testato per decisamente migliore rispetto al gas da combustione. La luce è infallibilmente regolare e altrettanto si ottiene riscaldando il manganese (avendo certo cura di evitare l’incandescenza). Ottimo è anche il metodo di Fourcroy, che ha trattato con ammoniaci vapori di acido muriatico sovraossigenato, avendone azoto che non reagisce in aria nitrosa, non si fosforizza e innesca la luce del fosforo a temperatura normale. Nulla di nuovo sta invece nella diagnosi di contaminazione per il gas estratto

25. *Ibid.*, p. 12.

26. *Ibid.*, p. 13.

dalla vescica delle carpe: dà luce, ma è positivo all'aria nitrosa e quindi impuro di ossigeno, si fosforizza col riscaldamento prolungato e riacquista la capacità di far reagire il fosforo solo se decontaminato con acido nitroso. L'azzardo maggiore – che già conosciamo dal *Beytrag* – resta naturalmente la piena fiducia che per decomposizione dell'acqua si possa produrre azoto particolarmente puro, capace di indurre nel reattivo i bagliori più vivaci.

II.5. Con e oltre Götting

All'articolo di Götting segue, nello medesimo numero del “*Neues Journal der Physik*”, un breve intervento a firma di Johann Friedrich Lempe (1757-1801), docente di matematica e fisica a Freiberg, e di Wilhelm August Lampadius (1772-1842), che insegna chimica e mineralogia nello stesso ateneo.²⁷ I due professori hanno ripetuto le esperienze del collega di Jena e ne confermano gli esiti: il fosforo acidifica e riluce benissimo in azoto, comunque lo si produca. In verità non è esposto alcun apparato sperimentale, ma pare che gli unici veri ostacoli al perdurare della reazione siano l'anello di acido consolidato e la colatura di acido fosforico, quali si formano rispettivamente in aria atmosferica dissecata dall'alcali caustico e in ambiente più umido. Riappare dunque quella che Gren ha definito la “crosta” non considerata da Götting con la dovuta attenzione: un dettaglio, per ora, che diventerà a breve una variabile importante e con la quale faranno i conti tutte le posizioni in gioco.

In quello stesso 1795 Lampadius pubblica inoltre un contributo di maggior impegno, dove entra di tutto: la precedente disponibilità per il sistema flogistico, l'interesse recente per una lettura sincretica della *chimie nouvelle*, nonché una serie di esperienze sviluppate insieme a Lempe e con esiti per lo più in linea con quelli di Götting.²⁸ Poche o nulle sono le novità sul fronte della procedura. Per mezzo dello strumento idropneumatico, ossigeno variamente prodotto è immesso nel solito contenitore di vetro da otto onces, con tappo di sughero dal quale pende un pezzo di fosforo ben asciutto e circondato dal gas. Il minerale resta inattivo se mantenuto fra i 13° e i 19°,²⁹ ma s'accende – “come ci si poteva aspettare”³⁰ – se la temperatura viene (genericamente) aumentata. Tempi e modalità cambiano in funzione delle tecnologie produttive, ma proprio in ossigeno da calce mercuriale neppure un'attesa di otto giorni è sufficiente per osservare

27. Johann Friedrich Lempe – Wilhelm August Lampadius, *Resultat einiger Versuche über das Leuchten des Phosphors in verschiedenen Luftarten*, “*Neues Journal der Physik*”, 1795, I, pp. 16-19. Su Lampadius cfr. Walter Hans-Henning (Hrsg), *Wilhelm August Lampadius 1772-1842. Chemiker, Erfinder, Fachschriftsteller und Hüttenmann*, Freiberg, Drei Birken Verlag, 2013.

28. Lampadius, *Sammlung practisch-chemischer Abhandlungen und vermischter Bemerkungen*, Dresden, 1795, vol. I, cfr. in part. pp. 163-181.

29. Lampadius adotta la scala termometrica ideata da Jean-André Deluc (1727-1817) per risolvere criticità emerse nel sistema di Réaumur.

30. Lampadius, *Sammlung*, cit., p. 165.

il più piccolo bagliore. In aria atmosferica il fosforo risplende invece assai bene e con abbondante formazione di acido. Il minerale smette di brillare dopo ben quattro giorni, ma lo fa a causa della crosta di acido fosforico consolidato che ormai lo avvolge. Usando fosforo nuovo (oppure ripulito), il gioco continua, con luce intensa, che dopo otto giorni si indebolisce appena. Nell'ambiente prosciugato da ogni umidità la formazione dell'artefatto è invero più veloce e quindi i fenomeni sono di minor durata, ma anche in questo caso è sufficiente sostituire i reattivi perché tutto ricominci.

È a questo punto che sulla scena compare formalmente l'azoto e Lampadius si schiera con Götting e oltre Götting. Il gas è prodotto nella modalità classica della campana di vetro rovesciata "subitaneamente"³¹ sul fosforo che già arde in una ciotola di porcellana, avendo collocato il tutto sulla vasca dell'apparecchio pneumatico. Le manovre sono molte (e piuttosto grossolane), ma – a dire dell'autore – il gas residuo risulta negativo all'aria nitrosa e, prelevata una quantità data di esso, il fosforo vi dà luce per giorni, producendo finanche una misurabile diminuzione del volume gassoso. Gli stessi vivaci fenomeni luminosi si generano in azoto ottenuto da scomposizione dell'aria atmosferica per azione del fegato di zolfo in soluzione acquosa. Nulla invece si dà nella *Phosphorstickluft*,³² termine che Lampadius conia per riferirsi all'azoto fosforizzato di Götting.

È presumibilmente sull'onda degli esperimenti olandesi che viene escogitata la variante più originale rispetto ai protocolli del collega di Jena. L'acido – ragiona Lampadius – potrebbe preesistere nel fosforo, piuttosto che entrare nella composizione dell'azoto. Bisogna dunque ripetere le manovre consuete in assenza di gas, cioè nel vuoto, e attendere che la comparsa di luce e acidità confutino, in tal caso senza appello, la teoria di Götting. Si esclude di poter operare sotto la campana del dispositivo boyleano e si adotta piuttosto il tubo di Torricelli, scegliendo un esemplare di diametro adeguatamente largo, al quale si salda una sfera di vetro di capienza nota. Impensabile – rimarca Lampadius – surriscaldare l'intero apparecchio pieno di mercurio. Lo strumento viene asciugato, riempito del metallo liquido già portato ad ebollizione e quindi, con ogni prudenza perché il tutto non deflagri, rovesciato nella vasca di marmo riempita anch'essa di mercurio. Nel vuoto così ottenuto, cioè nella condizione di massima rarefazione raggiungibile (ma giudicata più che sufficiente ai fini della sperimentazione), il fosforo sale rapidamente lungo il tubo sino alla superficie del mercurio e non risplende a calore temperato, neppure agitando il liquido. È invece sufficiente che nel dispositivo entri una piccola bolla di azoto (o di aria atmosferica) perché dal reattivo emanino intense nuvole luminose che salgono verso l'alto. Si tenta di ripetere con ossigeno, ma inavvertitamente una bolla di aria comune si mischia. Il 'buon metodo' suggerirebbe di iterare, ma nel prosieguo – per quanto la cosa possa apparire incredibile – allo scienziato

31. *Ibid.*, p. 168.

32. *Ibid.*, p. 171.

manca la possibilità di farlo e il vero agente dei fenomeni luminosi, che si originano pronti e vivaci, resta nell'incertezza.

La situazione è dunque assai fluida, eppure Lampadius sembra dare per acquisita l'attività del fosforo in 'puro' azoto e progetta il passo successivo: scomporlo completamente per azione del fosforo, avendo sin lì ottenuto solo una parziale riduzione di volume. A tale scopo, l'aria comune viene esposta all'azione del gas nitroso, proseguita sino a che ogni vapore rossastro cessa e convince della purezza del fluido elastico residuo. Con l'apparecchio idropneumatico Lampadius trasferisce il gas in un contenitore di vetro di capienza data e vi introduce molti pezzi di fosforo legati a un filo. L'intenzione è di far assorbire in fretta una piccola quantità di gas usando una notevole quantità di minerale, ma né luce né vapori si manifestano: Lampadius e Lempe "non possono credere ai loro occhi".³³ Si ripete e si varia, si alza la temperatura, si surriscalda sui carboni ardenti, il fosforo fonde, ma nessuna luce si sviluppa. Bagliori di breve durata sono invece prodotti in azoto ottenuto da aria atmosferica per calcinazione dello stagno.

Lampadius cerca la variabile strumentale o procedurale che faccia la differenza. Potrebbe trattarsi del passaggio del minerale attraverso l'acqua, ma in un esperimento di controllo, eseguito con aria atmosferica, il fosforo riluce assai bene, malgrado vi abbia transitato. Anzi: basta l'accesso anche di una minima bolla di aria atmosferica perché si determinino vapori e luce. La soluzione è a un passo. Lampadius riprende il solito vaso di vetro da otto onces, vi mette fosforo a piccoli pezzi e riempie d'acqua. Introduce un volume d'aria atmosferica tale per cui un po' di liquido resta con il fosforo nel contenitore, che viene chiuso con tappo smerigliato e sigillato con una vescica. Il tutto è capovolto lentamente, affinché il minerale si collochi sul fondo del vaso, fuori dall'acqua, in contatto con il gas ed ecco ben presto l'emissione di nuvole di vapori fosforici, che ricadono verso il basso e proseguono per circa tre giorni e mezzo, esaurendosi poi. Lavato il minerale con l'acqua ancora contenuta, nessun fenomeno si rende più manifesto. È invece sufficiente una qualunque bolla d'aria comune per innescare tutto di nuovo: e da ciò – si avvisa – chi vorrà ripetere l'esperimento dovrà guardarsi con ogni attenzione. Lo scienziato arriva a intuire il rischio che l'azoto si contamina per opera dell'"aria nell'acqua",³⁴ se quest'ultima non è stata precedentemente bollita. Lampadius sospende tuttavia il giudizio e lascia al lettore dati che giudica impossibili da normalizzare. A meno di far implodere la teoria pneumatica condivisa con Götting.

II.6. Una critica vasta e puntigliosa

Di lì a poco, e di nuovo sulle pagine del "Neues Journal der Physik", il chimico e farmacologo russo-tedesco Alexander Nicolaus Scherer (1771-1824) at-

33. *Ibid.*, p. 176.

34. *Ibid.*, p. 181.

tacca Göttling.³⁵ Addottorato presso l'ateneo di Jena proprio nell'anno di uscita del *Beytrag*, Scherer si misura con la rimozione della nota crosta che si forma sul fosforo in combustione e interferisce con la reazione. L'autore, che invero non precisa di aver operato in puro ossigeno o in aria comune, non si pronuncia sulla natura dell'artefatto, di cui bisogna semplicemente liberare il campo per avere la ripresa dei bagliori. Lo spunto potrebbe riservare sviluppi interessanti dal punto di vista procedurale, ma è su un terreno eminentemente teorico che poi si sviluppa la critica.

Che, a parità di condizioni, il fosforo resti inerte in ossigeno e brilli in aria atmosferica è – secondo Scherer – cosa perfettamente comprensibile. La temperatura nella quale esso si attiva in aria comune non può essere la stessa in cui i fenomeni si innescano in aria vitale. Ciò non dimostra affatto – come invece vuole Göttling – la reattività dell'azoto, ma si spiega considerando che la presenza di quest'ultimo nell'aria comune rende la connessione fra base acida e calorico assai più lassa che in puro ossigeno. In quest'ultimo infatti esistono solo quelle due componenti, che risultano di conseguenza combinate in modo ben più stretto: sono quindi necessari gradi maggiori perché la base acida si unisca al fosforo e il calorico liberato offra le note manifestazioni. Nel caso dell'ossigeno, dato appunto l'indispensabile innalzamento della temperatura, il passaggio dalla luce al fuoco è quindi pressoché impercettibile. In aria atmosferica, invece, la separazione avviene più lentamente, è sufficiente una temperatura più bassa e si rende disponibile meno calorico. La criticità non è quindi rappresentata dalla luce che si sviluppa anche senza calore sensibile – come appunto è stato osservato da Göttling. Quel che non s'intende è come in azoto sia possibile solo la luce e non la vera combustione, sostenendo Göttling che esso acidifica il fosforo esattamente come l'ossigeno. Sempre che – insinua Scherer – l'azoto di Göttling sia davvero puro azoto.

Il fronte tedesco è evidentemente in movimento. E non nella direzione auspicata dal professore di Jena. Nello stesso 1795 la prima contestazione sperimentalmente fondata della sua dottrina è contenuta nella monografia *Über das Leuchten des Phosphors in atmosphärischen Stickgas* che, opera dello stesso Scherer e di Carl Christoph Friedrich von Jäger (1773-1828), si apre con *Bemerkungen* teorico-sperimentali di Christoph Heinrich Pfaff (1773-1852).³⁶ Ne

35. Alexander Nicolaus Scherer, *Schreiben [...] über das Leuchten des Phosphors und der kalkerdigten Schwefelleber, über die Krystallisirung des ätzenden feuerbeständigen Alkalis, und andere physikalisch-chemische Gegenstände*, "Neues Journal der Physik", 1795, I, pp. 319-330. Su Scherer cfr. Dietrich von Engelhardt, *Paracelsus im Urteil des Chemikers und Pharmazeuten Alexander Nicolaus von Scherer (1771-1824)*, in Christoph Friedrich – Sabine Bernschneider-Reif (Hrsg), *Rosarium litterarum: Beiträge zur Pharmazie- und Wissenschaftsgeschichte: Festschrift für Peter Dilg zum 65. Geburtstag*, Eschborn, Govi Verlag, 2003, pp. 123-132; Ronny Tadday – Jan Frercks, *Scherer in Weimar. Das Scheitern als außeruniversitärer Chemiker*, in Hellmut Th. Seeman (Hrsg), *Anna Amalia, Carl August und das Ereignis Weimar*, Göttingen, Wallstein, 2007, pp. 345-353.

36. Carl Christoph Friedrich von Jäger – Alexander Nicolaus Scherer, *Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und*

risulta una critica vasta e puntigliosa, che travolge l'intera teoria di Götting, ad opera di tre giovani intellettuali, poco più che ventenni, esponenti di una generazione che conosce bene la *chimie nouvelle*, ma non è di prima formazione chimica e di conseguenza risulta meno impigliata nei nazionalismi flogisticisti tedeschi.

Pfaff è perfettamente consapevole che novità e originalità dei risultati conseguiti da Götting impongono di ripetere le esperienze e di confrontarsi con conclusioni che costringono a ripensare radicalmente l'uso del fosforo, se non addirittura a rivoluzionare l'intera dottrina della combustione. In effetti egli ripete le esperienze e annuncia di averle completamente confermate quanto ai bagliori del fosforo in azoto. Tuttavia la luce appare anche usando l'ossigeno da manganese raccomandato dal collega, ma in questo caso la cosa potrebbe ancora essere imputata a contaminazione di *phlogistische Luft* – come infatti Pfaff denomina l'azoto, non potendo riprendere la nuova terminologia di Götting, e neppure adottare quella della *chimie nouvelle*, nella quale non c'è posto per *Lichtstoff*. In realtà anche in ossigeno (che di conseguenza è “aria deflogisticata”) risulta costituzionalmente presente *Lichtstoff*. In tale direzione vanno sia i bagliori che il fosforo vi manifesta già all'accensione, sia la luce intensa che nella combustione s'instaura rapidamente, di contro ai fenomeni luminosi, brevi ed estemporanei, dell'aria flogisticata. Luce e calorico sono però legati alla base acida da un'affinità così forte che, in presenza del fosforo, la separazione può avvenire solo ad alta temperatura. In aria flogisticata la connessione, evidentemente più debole, si scinde invece con maggior facilità, *Sauerstoff* si lega al fosforo e *da esso* libera *Lichtstoff*: nessun esperimento dimostra infatti che la luce venga dall'azoto. La scomposizione di quest'ultimo è inoltre così lenta e la quantità rilasciata di calorico (al quale il gas pur deve il suo essere tale) è così modesta, da non risultare rilevabile dal termometro. Dai *Versuche* non consegue dunque che *Lichtstoff* sia estraneo all'aria vitale, ma neppure che l'azoto lo abbia fra i suoi componenti ed escluda *Feuerstoff*.

Squisitamente teoriche sono le incongruenze imputate a Götting quanto ai giochi delle affinità, ma le contestazioni si sviluppano anche incalzando fragilità di metodo e inavvertenza procedurale. Del collega di Jena è innanzi tutto contestato l'uso troppo disinvolto dell'acqua (non bollita) che penetra nei contenitori per accertare la quantità di gas scomparso. Götting dimentica che l'acqua non è mai “libera dall'aria”³⁷ e quindi inquina i risultati. Per contro, molto più sicuro e congruo sarebbe stato l'uso del mercurio. A Pfaff non appaiono né sufficientemente ripetute né adeguatamente variate proprio le esperienze che rivoluzionano le teorie chimiche invalse, in primis quelle a sostegno dell'acidificazione del fosforo in azoto, della corrispondente diminuzione del volume

Beobachtungen [...] Nebst Dr. Chph. Hein. Pfaffs Bemerkungen, zu Hrn. Prof. Göttings Schrift Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie, Weimar, 1795. Per le *Bemerkungen* di Pfaff cfr. pp. 1-42.

37. *Ibid.*, p. 8.

gassoso e della presenza in esso della base acida. Per il giovane autore, e per la sua generazione ormai postlavoisieriana, è incredibile che il *Beytrag* non offra misurazioni precise, che attestino cioè esatta corrispondenza fra l'aumento del fosforo e la diminuzione del gas. Molto meglio, inoltre, sarebbe stato operare a quei livelli più elevati di temperatura che consentono tempi brevi di reazione e danno con maggior evidenza gli scambi di peso. Göttling ha finanche trascurato di appurare la natura di ciò che in azoto si forma sul reattivo (si tratta davvero di acido fosforico?), così come quella di altri sedimenti. Si pensi infatti alla misteriosa “polvere gialla” e ai non meno misteriosi vapori biancastri suscitati in acido aereo dall'aria nitrosa.³⁸ Nient'affatto lavoisieriano torna però il sospetto di Pfaff che l'azoto sia in realtà composto di più basi (oltre a quella acida che si combina col fosforo) e in particolare di un secondo *Stoff* che si rende libero e, aprendo il contenitore sott'acqua, ne viene assorbito.

Benché il giudizio sia – nel merito e nel metodo – globalmente negativo, le *Bemerkungen* presentano insomma risultati sperimentali non remotissimi da quelli del *Beytrag* e soprattutto considerazioni teoriche in parte convergenti. Infatti l'affondo decisivo non viene da esse, ma dal seguito del libro ed è opera di Jäger e Scherer, nei quali l'inclinazione lavoisieriana è certo maggiore, pur coniugandosi con l'interesse per i fenomeni della luce, che prende la scena da protagonista.

Secondo i due giovani autori bisogna innanzi tutto stabilire norme puntuali per l'osservazione dei fenomeni luminosi. E ciò è novità anche nel contesto della chimica germanica. Le regole non possono di certo limitarsi a prescrivere l'oscuramento dell'ambiente, come è già stato da più parti genericamente raccomandato. È necessario tener conto delle tipicità della vista umana e quindi prevedere tempi congrui per il passaggio dal chiaro al buio e per la percezione della luce nell'oscurità (che banalmente si crede istantanea e non lo è affatto). Da stabilire con cura sono pure le modalità dell'osservazione, che variano al moltiplicarsi degli osservatori.

Pari attenzione va rivolta al fosforo che, se tenuto a lungo in acqua, si riveste di una patina gialla – il consaputo acido fosforoso – che ostacola o toglie del tutto luce e vapori. Essa va quindi rimossa e altrettanto va fatto con l'umidità superficiale, che può impedire il bagliore, mentre perfettamente ininfluenti risultano le eventuali varianti di colore, trasparenza e durezza del minerale. All'integrità del reattivo deve naturalmente corrispondere la purezza dei gas. La questione delle questioni è infatti se, con i metodi di Göttling, si ottenga davvero puro azoto e tre sono i momenti che celano le insidie peggiori: la produzione dei fluidi elastici, la scelta dei contenitori e l'introduzione del fosforo.

38. *Ibid.*, p. 38. In nota Scherer avanza l'ipotesi di acido fosforoso, cioè non pienamente saturato d'ossigeno e tale da presentare non poche affinità con la nota crosta, che riveste il fosforo quando sta a diretto contatto con l'acqua. Nel secondo caso, l'acido assumerebbe costituzione gassosa. L'emissione di vapori biancastri sarebbe anzi tipica di tutti gli acidi di tal tipo quando si combinano con ulteriore *Sauerstoff*, fornito, per esempio, dall'aria atmosferica.

Le esperienze vengono, almeno in parte, condotte in collaborazione con lo stesso Götting,³⁹ e in effetti la prima preparazione dell'azoto per combustione di fosforo in aria atmosferica avviene con la nota cucurbita, se non esattamente con la stessa procedura illustrata nel *Beytrag*. Il gas è immesso sotto il battente dell'acqua e, una volta introdotto il minerale, l'apparecchio viene riscaldato alla fiamma della candela o ai carboni ardenti. Se si vuole misurare la diminuzione del volume gassoso (ciò che Götting non ha fatto), bisogna evitare ogni fuoriuscita, cioè avvitare con cura il tappo a vite del dispositivo e mantenerne le guarnizioni di pelle ben bagnate. Cautele e avvertenze supplementari sono solo all'inizio. Adeguatamente coordinato deve essere inoltre il passaggio dal calore al freddo dell'acqua, affinché la minor resistenza, che il gas interno oppone raffreddandosi, non consenta la penetrazione di aria atmosferica. Tutto (cioè sia l'apparecchio sia il suo contenuto) deve ritornare alle dimensioni di partenza e si attenderà anche la precipitazione dei fumi di acido fosforoso, che nulla hanno a che fare con il fluido elastico originariamente contenuto.

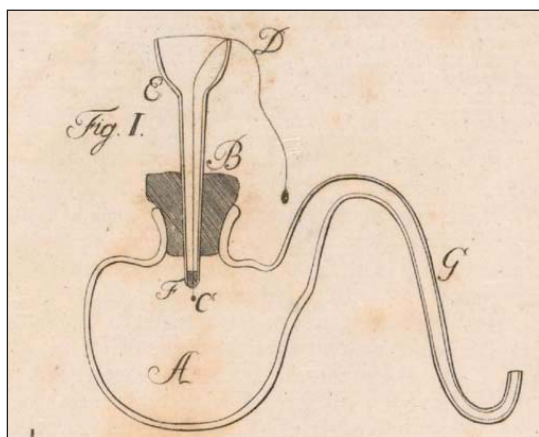


Fig. 14 – Carl Christoph Friedrich von Jäger – Alexander Nicolaus Scherer, *Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und Beobachtungen [...] Nebst Dr. Chph. Hein. Pfaffs Bemerkungen, zu Hrn. Prof. Göttings Schrift Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie*, Weimar, 1795, fig. I

Sotto il battente dell'acqua, *atmosphärisches Stickgas* entra nel contenitore (A), chiuso dal sughero (B), attraverso il quale passa un tubo di vetro conico (EF), sigillato all'estremità inferiore da un ulteriore tappo (C) dotato di filo (D), che consente la manovra dall'esterno. Serrato il tubo ricurvo (G),

Poiché il gas residuo è a rischio d'inquinamento ad opera dei vapori prodotti nella parte non decomposta del minerale, esso viene trasferito in cilindri di vetro di dimensioni date e con la base sigillata alla fiamma. Se si opera invece con il mercurio attenzione particolare andrà alle bolle d'aria generalmente persistenti fra il metallo liquido e le pareti del vaso che, ben tappato, si trasporta e si rovescia in un bacinello pieno della stessa sostanza. La palla passa dunque a questo "azoto atmosferico",⁴⁰ di cui al momento sappiamo poco e per il quale gli autori scelgono la denominazione, apparentemente neutra, che campeggia nel titolo dell'opera.

39. Lo apprendiamo dalle note che Scherer appone alle *Bemerkungen* di Pfaff (cfr. *ibid.*, p. 6).

40. *Ibid.*, p. 52.

il dispositivo è capovolto nell'acqua, che quindi riempie (EF), mentre il tappo (B) è sigillato con cera il più rapidamente possibile. Si recupera ora il bacile con il mercurio dove è stato in precedenza rovesciato il cilindro. Si immerge (G) sotto la superficie del metallo liquido, si tira verso l'alto il tappo minore (C) e il mercurio si versa di conseguenza in (EF). L'operazione scaccia gli ultimi residui d'acqua dal "becco" di (G), la cui apertura viene condotta sotto il mercurio sino alla bocca del cilindro che rilascerà il desiderato volume gassoso.

Quanto alla prima produzione del gas, che per ora è stata riferita solo e genericamente alla cucurbita di Göttling, quest'ultima può essere in realtà sostituita da una cucurbita qualsivoglia (cfr. fig. II), alla cui bocca viene applicato un sughero ben a misura, attraverso il quale sono sigillati sia il tubo conico (A) sia il tubo ad 'esse' (B) per la fuoriuscita del gas. Il filo (privo di lettera, ma evidente anche in fig. II) è provvisto all'estremità di una sferetta, affinché sia più facile farlo scorrere nel tubo conico.

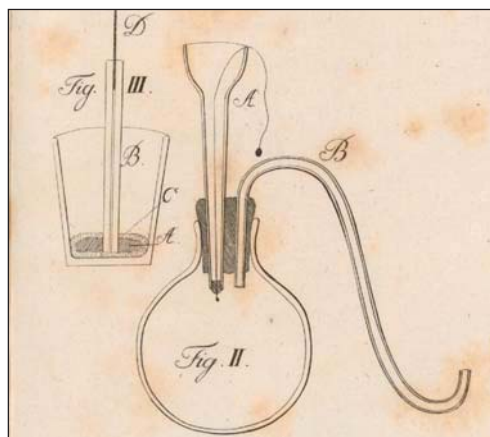


Fig. 15 – Christoph Friedrich von Jäger – Alexander Nicolaus Scherer, *Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und Beobachtungen [...] Nebst Dr. Chph. Hein. Pfaffs Bemerkungen, zu Hrn. Prof. Göttlings Schrift Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie*, Weimar, 1795, figg. II-III

Quando si opera in mercurio, il fosforo viene inserito direttamente sotto il metallo liquido e sale in superficie sfruttando il suo minor peso specifico. Nel caso dell'acqua, o si porta il gas al reattivo già introdotto nel cilindro, oppure ci si avvale del dispositivo idropneumatico e il minerale viene immesso sempre da sotto l'acqua.

Non meno impegnativo risulta il corretto fissaggio del fosforo. Inizialmente si prova alla maniera di Göttling, infilzandolo cioè su aghi, a loro volta infissi nella cera spalmata su un sughero assicurato al fondo del cilindro, poi riempito con il gas. Ma, al riscaldamento, la cera si scioglie. Si prova quindi conficcando direttamente l'ago nel sughero che chiude il cilindro, ma ciò rischia di ostacolare il necessario movimento dentro/fuori del tappo, nonché salita e discesa dell'acqua. Problema non minore è dato dalla porosità del sughero stesso, che Scherer e Jäger sono i primi a rimarcare: vi può infatti restare aria atmosferica che introduce variabili parassite. Alla fine si decide per l'adozione di un tubo barometrico (B) (cfr. fig. III) assicurato da cera fusa (C) al sughero (A) posto sul fondo di un bicchiere. Al suo interno passa un ulteriore tubo capillare (D) sulla cui punta è infilzato il fosforo. Il tutto è posto sott'acqua e viene coperto dal cilindro con il

Quando si opera in mercurio, il fosforo viene inserito direttamente sotto il metallo liquido e sale in superficie sfruttando il suo minor peso specifico. Nel caso dell'acqua, o si porta il gas al reattivo già introdotto nel cilindro, oppure ci si avvale del dispositivo idropneumatico e il minerale viene immesso sempre da sotto l'acqua.

gas, mentre altro sughero si colloca fra la parete interna del bicchiere e quella esterna del cilindro. Alzando quest'ultimo, con il quale il dispositivo viene immerso sott'acqua, si alzerà pure il fosforo, mentre fili assicurati con ceralacca segnano il confine fra il gas e il liquido. Molta attenzione deve essere inoltre rivolta ai fenomeni di espansione/riduzione, determinati dai cambiamenti di temperatura e pressione che inevitabilmente si verificano. La scena sperimentale è con ciò perfettamente allestita e può iniziare il confronto sui risultati.

La scomposizione dell'ossigeno, l'acidificazione del fosforo e le variazioni di peso indicano che in aria atmosferica il minerale è protagonista di una debole, ma vera combustione e che quegli eventi fanno premio anche su uno sviluppo di calore e di luce certamente non pari alle manifestazioni eclatanti del fuoco. Secondo Scherer e Jäger gli eventi sono quelli e non cambiano, sia che li si interpreti in termini flogisticistici (al fosforo viene sottratto flogisto per azione dell'aria vitale) o antiflogisticistici (il fosforo si combina con la base acida dell'ossigeno in acido fosforico). Ed entrambi i partiti riconoscono che gli eventi, comunque li si legga, sono impossibili nel vuoto e risultano meno vivaci in aria comune che in ossigeno, sempre che in quest'ultimo caso si annulli la forza di coesione fra i componenti operando ad alta temperatura. Se il soggetto attivo è dunque per tutti *Lebensluft*, niente per nessuno deve verificarsi in *Stickgas*. Infatti – azzardano Jäger e Scherer – poca o nulla attenzione (!) entrambi i partiti della comunità chimica hanno sin lì rivolto al comportamento del fosforo in azoto. Il gioco retorico della tabula (quasi) rasa resta per ora poco decifrabile, ma su di esso si fanno convergere immagini ben scelte. Götting – insistono gli autori – getta infatti *nuova luce* su tanta *persistente oscurità* e per primo analizza il comportamento del fosforo in azoto e in ossigeno, o almeno lo fa in modo che non è mai stato così puntualmente e testardamente determinato. Di certo – se confermato – il fenomeno “sorprendente e meraviglioso”⁴¹ della luce in azoto rivoluzionerà ogni teoria della combustione e proprio per questo richiede che gli esperimenti siano iterati e variati. Se ciò è già avvenuto, gli esiti – si nota – non hanno preso la via dell'adeguata circolazione all'interno della comunità scientifica. È questo invece precisamente ciò che Jäger e Scherer si accingono a fare, proponendo i risultati delle proprie esperienze. A questo punto il saggio può ripartire dal programma sperimentale (parzialmente) delineato nella sopra citata descrizione degli strumenti.

Il primo punto è accertarsi che il gas non sia contaminato, ovvero che l'azoto prodotto secondo le procedure dettagliate da Götting corrisponda davvero a puro azoto. Sarà in particolare esaminata la metodica più consueta, vale a dire la combustione del fosforo in aria atmosferica, ma si sa che nessun reattivo risulta in grado di sottrarre a quest'ultima tutto l'ossigeno. La criticità è già stata evidenziata da Lavoisier: quel che si produce non è puro azoto, ma – appunto – “azoto atmosferico”. L'assedio alle posizioni di Götting è iniziato e una breccia appare evidente prima ancora di cominciare il resoconto delle serie

41. *Ibid.*, p. 66.

sperimentali. L'attacco sarà condotto in modo sistematico e la complessa architettura costruita nel *Beytrag* ne sarà infine completamente travolta.

I due giovani chimici accantonano la cucurbita d'ottone e lavorano con uno strumento di vetro riempito di mercurio in modo tale che, rovesciato in un bacile con lo stesso liquido, il collo dell'apparecchio non se ne svuota. Il fosforo viene immesso attraverso il metallo e acceso con una lente ustoria. I fenomeni immediati sono i consueti, vale a dire subitanea espansione del fluido elastico contenuto e conseguente discesa del mercurio, che però ben presto risale senza fuoriuscita del gas. La combustione continua per alcuni minuti con produzione di concrezioni fosforee biancastre che si dispongono sulle pareti del contenitore e le opacizzano. Il riscaldamento procede sino alla fusione dei pezzi non completamente scomposti dalla prima reazione. Si introduce nuovo minerale (riscaldato con la stessa procedura), si prosegue per un'ora intera, ma la combustione non si innesca. Conclusi irrevocabilmente i fenomeni, viene verificato il livello raggiunto dal mercurio e il calcolo attesta che il volume gassoso si è ridotto solo per un quinto.

Ci si chiede a questo punto quale metodo abbia mai seguito Götting, che proclama di aver viceversa ottenuto azoto puro. Citato alla lettera il protocollo del collega, la conclusione possibile è una sola. Il professore ha disinvoltamente bypassato il problema, fidando – malgrado le note avvertenze di Lavoisier – del test ad aria nitrosa cioè di un reattivo che, indipendentemente da come venga prodotto (e Götting non lo dice), è incapace di escludere del tutto i residui di ossigeno. Il *Beytrag* pecca inoltre di genericità circa l'intensità del calore, la sua durata e la completezza della scomposizione. Quand'anche quest'ultima dipenda piuttosto dal grado di affinità tra gli elementi in gioco, i tempi del riscaldamento non sono infatti per nulla indifferenti. Bisogna, a questo punto, rimettere in funzione proprio l'apparecchio di Götting, secondo il protocollo illustrato nel *Beytrag*. I due autori procedono, ma con correttivi tutt'altro che neutri.

La cucurbita va innanzi tutto lasciata sui carboni ardenti per almeno un'ora, con regolare ricambio dell'acqua nel refrigerante e controllo delle guarnizioni del tappo a vite, che deve assolutamente evitare fuoriuscite di bolle d'aria. Il fosforo si accende e il rumore segnala una combustione che persiste quasi per un'ora intera. Lo strumento viene quindi portato in acqua fredda e aperto con emissione di vapori grigiastri, mentre all'interno si trovano grani trasparenti di fosforo non completamente cristallizzati e positivi alla cartina di tornasole, pezzi gialli, vaporosi e semitrasparenti, e infine una massa dello stesso colore, più fragile e friabile. Con l'apparecchio pneumato-chimico, il gas residuo è rapidamente trasferito in altro contenitore. Per valutare il successo della procedura, è a questo punto necessario considerare le caratteristiche del fluido aereo raccolto, che dovrà essere perfettamente trasparente, pari a non più di tre quarti dell'aria atmosferica impiegata, non infiammabile e negativo all'aria nitrosa (di cui puntigliosamente si riferisce il procedimento di produzione). E invece il gas in questione ha il tipico odore dell'idrogeno.

Sotto il battente del mercurio, il gas riempie un cilindro di vetro dove il fosforo sale rapidamente. A 7°R nessuna luce compare, né dopo poche ore né dopo un'intera giornata. Il cilindro viene rovesciato in una ciotola con mercurio, a sua volta collocata in un contenitore con sabbia e il tutto viene riscaldato sino a 30°R. Il minerale fonde, il gas si espande con conseguente fuoriuscita del liquido (e di molte piccole bolle d'aria che esso ancora contiene), ma nessun bagliore si manifesta, neppure introducendo un nuovo pezzo di fosforo e agitando energicamente. Riportato il tutto alla temperatura di partenza, non si verifica alcuna diminuzione nel volume del gas. Non resta che ritentare con una miscela che combina l'azoto al 50% di ossigeno da calce mercuriale (che – già si ammette – non risulta purissimo). Il fosforo non reagisce alla temperatura di 7°-12°R, neppure introducendone un pezzo mai prima utilizzato e nemmeno avvicinando il tutto alla stufa accesa. Il giorno successivo, collocato il reattivo in una capsula e posto direttamente nel fornello riscaldato, ecco però che la luce (e pure la fiamma in alcuni punti) non si fa attendere né nel campione in uso né nel pezzo aggiunto successivamente. Raffreddato l'apparecchio, notevolissima (ma non determinata) è l'ascesa del mercurio, cioè la riduzione del gas.

Diverso è l'esito quando si opera con l'acqua. Bagliori brevi ed estemporanei si verificano fra i 7° e i 23°R, ma è sufficiente riscaldare il cilindro con una candela e il fosforo fonde, fuma, riluce e i bagliori seguono finanche le gocce che cadono nel liquido, almeno sinché il dispositivo non viene raffreddato. D'altro canto, quando i fenomeni non sono più riproducibili riscaldando alla fiamma, la luce riprende solo se qualche fessura compiacente lascia penetrare nuova aria atmosferica.

La condizione sperimentale viene variata usando gas rimasto per un giorno intero sopra l'acqua e poi collocato in un cilindro con mercurio. A 30°R il fosforo fonde e la luce, chiara e verdastra, si delinea sul liquido agitando il cilindro medesimo e si spegne con il raffreddamento. A 50°R la superficie del fosforo fuso riluce e il fenomeno aumenta a ogni scuotimento. Una cartina di tornasole rivela modesta acidità, mentre il livello del mercurio sale leggermente e i fenomeni si riproducono sino al terzo riscaldamento. Ma il gas impiegato in questi ultimi esperimenti, a differenza del precedente, dà esito positivo all'aria nitrosa. L'acqua ha dunque fatto la differenza, sia ciò avvenuto per azione dell'alta temperatura sull'acqua medesima o perché in essa il gas è stato a lungo conservato e agitato. In acqua esiste dunque uno *Stoff* che è condizione necessaria perché avvenga la reazione e con esso l'azoto si è miscelato. Visto che, normalmente, ciò avviene quando il fluido elastico in questione si combina con l'ossigeno, non è difficile trarre le conclusioni.

Quanto al fosforo che abbiamo visto attivarsi nell'azoto chiuso sul mercurio, tutto si spiega. Quello che sembrava un dettaglio trascurabile (e taciuto), non lo è. Si racconta ora la presenza di un piccolo termometro, la cui colonnina, non esattamente a tenuta, potrebbe aver rilasciato aria atmosferica, cosa tanto più probabile a causa dell'espansione che il fluido elastico subisce durante il riscaldamento. E, anche in questo caso, la luce si spegne dopo un tempo dato

e indipendentemente dall'aumento della temperatura, per riprendere all'entrata di aria comune sino al divampare della combustione.

L'azione dell'acqua è confermata da esperimenti diversi. In un cilindro pieno di mercurio si immette un pezzo di fosforo che subito raggiunge la superficie e fonde opportunamente riscaldato, sviluppando una piccola bolla d'aria, ma nessun bagliore. Se invece si immette acqua con una siringa, così che il minerale ne sia circondato, ecco che si ha debole luce a ogni movimento del vaso. La manovra si complica inserendo il fosforo in un tubo di vetro con l'estremità chiusa ricurva e la bocca che sfocia in un contenitore, entrambi pieni d'acqua. Il reattivo, riscaldato dalla candela, fonde producendo da tutta la superficie bollicine gassose, che nella piegatura del tubo si riuniscono in una bolla maggiore, circondata da fosforo finemente sminuzzato. Fosforo, bolla e bollicine producono un spettacolo luminoso, intenso e persistente, terminato il quale un deposito biancastro si rende evidente nella parte del dispositivo dove sta il fosforo. Ripetendo con acqua distillata, il minerale resta inattivo, ma è sufficiente usare acqua di fonte per ripristinare i fenomeni. La faccenda non cambia sostituendo al tubo ricurvo una cucurbita di vetro, nella quale il fosforo entra sott'acqua ed è riscaldato dalla solita candela. Alla prova del tizzone ardente, le bolle non sono di idrogeno, non risultano idrosolubili e però si contraggono al diminuire dei gradi. Si tratta molto probabilmente di aria atmosferica, che si sviluppa dall'acqua – per calore, movimento o anche semplicemente lunga persistenza. È dunque legittimo concludere che il gas in questione acquista la capacità di far risplendere il fosforo combinandosi con ossigeno o con aria atmosferica, richiedendo nel primo caso una temperatura più alta, che determina infine non solo la luce, ma vera combustione.

Si ricomincia con la stessa tipologia di azoto, ma protraendo la combustione del fosforo solo per un intervallo di tempo molto breve, che in effetti non modifica le caratteristiche del minerale e riduce il volume gassoso solo a $\frac{7}{9}$. Il reattivo viene riscaldato secondo il metodo di Göttling in due tempi: con la prima accensione, si ottiene un fluido elastico che subisce una considerevole contrazione al test dell'aria nitrosa. Il gas è frammisto a una grande quantità di vapori biancastri di acido fosforoso, rapidamente risolubili in acqua, forse riferibili al corto periodo di combustione e proporzionali al maggiore o minor raffreddamento che il contenitore subisce prima dell'apertura. Il fosforo vi è introdotto sotto il mercurio e, alla temperatura di 7°R , vi si verificano vapori meno intensi di quelli che si sprigionano in aria atmosferica. Rispetto a quest'ultima, attorno al minerale si rende evidente una luce chiara che, meglio delimitata e decisamente più scintillante, dopo un certo tempo si estingue e non può più essere ridestata, neppure riscaldando sino alla fusione. O meglio: se il tutto viene agitato, una luce opaca e transeunte compare ad opera di piccole bolle d'aria comune rilasciate dal mercurio ed espanse dal calore. Conclusi infine i fenomeni, e non più ridestati neppure da nuovo fosforo portato a fusione, il volume gassoso risulta minimamente diminuito. Se però a questo fluido elastico si unisce ossigeno al 50% e si colloca la miscela in luogo ben riscaldato, il minerale

(vecchio e nuovo) vi brilla per alcune ore con luce gialla, brucia senz'altro e, riportato il tutto alla temperatura di partenza, il volume risulta ridotto in modo corrispondente alla quantità di ossigeno aggiunta.

Il reattivo si comporta allo stesso modo se questo “azoto atmosferico”, in luogo di essere combinato con ossigeno, viene chiuso sotto il battente dell'acqua in un tubo sottile. Durante i bagliori, il fosforo si copre di un'umidità che presto si muta in gocce capaci di arrossare la cartina di tornasole, ma, di nuovo, la riduzione del volume è modestissima. Estratto il fosforo e portato in aria comune, i bagliori sono stupefacenti, ma cessano all'istante allorché il reattivo è rimesso nell'ambiente precedente e neppure fosforo nuovo e riscaldato può ripristinarli.

Si provano pure le combinazioni di azoto e ossigeno sperimentate da Götting: la contrazione a seguito della combustione varia sempre in proporzione alla percentuale d'ossigeno e, in termini assoluti, è uguale ad essa, o forse leggermente inferiore dato che – si sa – dal fosforo non si ottiene mai ossigeno purissimo. Incide parimenti la durata della reazione: luce maggiore proviene da gas che, ottenuto dalla combustione protratta in aria atmosferica per soli due minuti, è infatti ancora positivo al test dell'aria nitrosa. Ma anche in questo caso i fenomeni a un certo punto si spengono e non possono essere ripristinati né lavando il fosforo in acqua, né fondendolo alla fiamma, né sostituendo il residuo con nuovo minerale. Negli esperimenti di controllo istituiti in aria atmosferica tutto si conferma.

Eppure, a parità di strumenti e procedure, Götting racconta di aver ottenuto risultati opposti. Secondo Jäger e Scherer non ci sono dubbi. L'origine del contrasto va ricercata nell'applicazione poco accorta dei protocolli o nell'introduzione di una variabile parassita non identificata per tale: di certo qualcosa di contingente che ha falsato gli esiti. Oltre all'incapacità del fosforo ad assorbire tutto l'ossigeno, è del resto quasi inevitabile che aria comune penetri nei contenitori a seguito delle numerose manovre descritte e messe in atto da Götting per inserire il fosforo. Non dimentichiamo infatti che il gas sta in un vetro per metà pieno d'acqua, rovesciato sull'acqua e il minerale è appeso per un filo assicurato al sughero che chiude il vaso: impossibile trasfondere il fluido elastico senza girare il contenitore, né l'autore del *Beytrag* precisa di aver ogni volta risigillato il tappo con la cera. Per non dire dei diversi pesi specifici. L'aria comune è infatti più pesante dell'azoto: se riesce a entrare, inevitabilmente lo espelle. Per di più – e a questo proposito si cita l'autorità di Lavoisier – nel lungo periodo l'acqua assorbe parte dell'azoto (e questo spiega la riduzione del volume gassoso vantata dal collega), ma dall'acqua si sviluppa anche gas acido carbonico e aria comune (e ciò finalmente spiega la luce).

Il gas di Jena brilla a temperatura media perché è banalmente inquinato d'ossigeno, proprio come è successo nel laboratorio di Jäger e Scherer con azoto da combustione di breve durata. Al fluido elastico che resta dopo la reazione del fosforo in aria atmosferica, e nel quale il minerale ancora risplende, va dunque riconosciuta una composizione diversa rispetto a quella del puro azoto.

La nuova denominazione di “azoto atmosferico” (introdotta – come s’è visto – *ante festum*) vuole sottolineare la differenza: al termine generico di *Stickgas* manca infatti la possibilità di esprimere in modo inequivoco la natura di un gas che è in realtà composto. Se invece l’azoto è “vero azoto”,⁴² la capacità di attivare il reattivo manca del tutto.

Non l’azoto, ma questo *atmosphärisches Stickgas* contiene la base dell’ossigeno – e infatti risulta positivo al gas nitroso – ma in percentuale minore rispetto all’aria atmosferica – e infatti non riesce a innescare la combustione vera e propria, ma solo i noti bagliori. Se la luce del fosforo vi appare più brillante rispetto a ciò che avviene in aria comune, la cosa si spiega con la maggior densità di quest’ultima e quindi la lentezza con la quale i vapori di acido fosforoso (che ostacolano lo sviluppo della luce) lasciano la superficie del reattivo e si depositano sul fondo. Ma i fenomeni non terminano in forza di croste misteriose: essi si estinguono quando la base dell’ossigeno, e solo essa, è stata esaurita nella produzione dell’acido e ci si riconduce quindi a ben diversa tipologia di gas, che manca di tutte le caratteristiche tipiche della composizione con la base acida e le riacquista solo a ogni aggiunta di ossigeno. La capacità di innescare la luce del fosforo aumenta parimenti se l’azoto atmosferico viene agitato in acqua, perché quest’ultima assorbe una parte dello *Stickgas* che lo compone. Di conseguenza, la quantità di ossigeno (anche se esigua) risulta proporzionalmente maggiore e per di più la manovra dell’agitazione la porta a diretto contatto con il minerale.

Luce e fiamma non sono *Stoffe* irriducibilmente altri. La sola comparsa di bagliori, tipica dell’azoto atmosferico, non esclude infatti una (quasi insensibile) liberazione di calore. Götting la nega, ma lo fa sulla scorta di un apparato sperimentale carente e trascurando le condizioni diverse in cui il termometro è utilizzato in azoto atmosferico (dove si bagna) e in aria comune (dove resta all’asciutto). Nel primo caso quindi un innalzamento della temperatura potrebbe, banalmente, non essere stato rimarcato, perché il calore si disperde nebulizzando l’acqua. Non si deve inoltre dimenticare che in azoto atmosferico si sviluppano vapori di acido fosforoso e – come sempre avviene in questi passaggi di stato – ciò non può accadere senza impiego di calore, che dunque il termometro non rileva. In aria comune l’evento è certo macroscopico, ma ciò indica solo la maggior quantità messa in gioco. Se poi si combinano azoto atmosferico e ossigeno, è la luce medesima del fosforo a sviluppare un surplus di calore, che innesca accensione e combustione.

Maggiore è il tempo della combustione in aria comune, minore è, nel gas residuo, la capacità di attivare il minerale, capacità che, nella lunga durata, si perde del tutto. Götting attribuisce la cosa alla combinazione dell’azoto con il fosforo in *phosphorisches Stickgas*. In realtà tale combinazione non è affatto dimostrata e ancor meno dimostrato è il fatto che in essa il minerale debba perdere la capacità di reagire. L’unico indizio a favore del collega di Jena resta

42. *Ibid.*, p. 121.

il miasma fosforico, che l'azoto atmosferico in effetti acquista per prolungata combustione del minerale, ma che potrebbe ricondursi alla sua combinazione con idrogeno fosforato, prodotto dalla scomposizione dell'acqua (sempre presente in aria comune) indotta dal fosforo. Né si può escludere qualche responsabilità dell'ottone della cucurbita: il chimico di Jena la nega, ma spesso, alla fine del processo, lamine metalliche coprono il fosforo e sono quindi segno di una reazione ulteriore.

Le ipotesi di Götting sono dunque irrimediabilmente fragili e gli indizi ai quali si aggrappa sono drammaticamente incostanti, di contro a ciò che, regolarmente e irrevocabilmente, infine accade, vale a dire la cessazione dei bagliori in azoto atmosferico. Ma non solo. Nessuno ha mai potuto dimostrare che l'azoto abbia la capacità di scomporre l'acqua, né spiegare perché la supposta combinazione di fosforo e idrogeno renda impossibile la reazione luminosa: l'idrogeno, variamente unito a ossigeno o ad aria atmosferica, non per questo diventa gas inerte. È inoltre da escludere che l'azoto possa davvero riacquistare reattività con il metodo che Götting illustra nel contributo successivo alla pubblicazione del *Beytrag*. Solo e soltanto nuova immissione di aria atmosferica è in grado di ridestare i fenomeni e a ciò basta finanche la modestissima quantità esalata dall'acqua: la luce sarà debole, ma solo perché il poco ossigeno risulterà "diluito"⁴³ nel molto azoto. Di quest'ultimo si sa insomma probabilmente molto meno di quanto appaia dai fondamentali della teoria di Götting, ma di certo la base che in esso si combina con il calorico è ben diversa da quella che con il calorico si combina in ossigeno.

L'attacco a Götting si ripete nella seconda edizione degli *Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie*, pubblicata da Christoph Girtanner (1760-1800) in quello stesso 1795.⁴⁴ In verità l'opera non offre nuove osservazioni personali, ma riassume fedelmente i *Versuche* del *Beytrag* e vi contrappone una versione semplificata dell'apparato sperimentale di Jäger e Scherer. Il contributo è manualistico, d'impianto largamente eclettico e tuttavia importante per la diffusione in ambito tedesco di posizioni forse non limpidamente lavoisieriane, ma comunque antiflogisticistiche e avverse alla dottrina del collega di Jena. In particolare, Girtanner considera *Lichtstoff* un'entità puramente ipotetica, probabilmente una mera modificazione del calorico (che così diventa percepibile alla nostra vista), di certo qualcosa la cui esistenza non è ancora stata dimostrata in modo adeguato. I risultati che Götting ostenta contro la nuova chimica dipendono dunque solo dall'impurezza dei fluidi elastici utilizzati. Come altre voci note, anche Girtanner rilancia in effetti la tesi dell'acqua che, presente nei gas in gioco, è scomposta dal fosforo ad alta temperatura. In tal modo *Sauerstoff* e *Wasserstoff* si liberano, si combinano col fosforo e formano rispettivamente acido fosforico e idrogeno fosforato, mentre il calorico, che si libera parimenti, ga-

43. *Ibid.*, p. 145.

44. Christoph Girtanner, *Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie [...] Zweyte, verbesserte und stark vermehrte Auflage*, Berlin, 1795, cfr. in part. pp. 119-127.

rantisce la temperatura necessaria alle reazioni. È infatti sufficiente operare in mercurio e ‘prosciugare’ i gas in gioco con tartaro di potassio ed ecco ristabilito l’ossigeno quale unico fluido elastico nel quale si verificano luce e produzione di acido. Se per contro, e come vuole Göttling, il fosforo davvero acidificasse in azoto, la completa scomposizione di quest’ultimo si dovrebbe realizzare in aria atmosferica e per riscaldamento protratto, o per lo meno dovrebbe verificarsi una drastica riduzione del suo volume: ciò che – teste gli esperimenti di Jäger e Scherer – non si verifica affatto. Né, alla prova dell’esperienza, regge la pretesa mutazione dell’ossigeno in azoto per azione della luce solare.

II.7. Gli Italiani

Cercare in Göttling ciò che Göttling esplicitamente *non* propone, vale a dire la conciliazione di vecchia e nuova chimica, è dunque la linea su cui si attesta solo una parte dell’intellettualità tedesca, e forse neppure quella maggioritaria. In Italia invece proprio in tale direzione si muove Volta, legato alla comunità germanica per numerose affinità.⁴⁵ Dalla cattedra pavese, il fisico comasco è infatti tra coloro che più si impegnano per diffondere le tesi germaniche e in particolare quelle che dimostrano la possibilità di una terza via sintetica fra la chimica nuova (“mercé di alcune mutazioni soltanto”)⁴⁶ e la teoria flogististica. Il riferimento di Volta è in effetti alla versione rinnovata di quest’ultima, come appare a partire dalla seconda edizione del noto *Dictionnaire de chimie* di Pierre-Joseph Macquer (1718-1784), pubblicata dopo la discesa in campo di Lavoisier.⁴⁷ In essa, tra le novità di maggior rilievo, appare proprio l’identificazione del flogisto con la “luce fissata” nei corpi, cioè combinata con i loro principi e privata – sin tanto che resta in tale stato – della mobilità e delle altre proprietà che la caratterizzano quando è “libera”.⁴⁸ E non solo. Adottando la

45. Cfr. al proposito Marco Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana*, in Angelo Stella – Gian Franco Lavezzi (a cura di), *Esortazioni alle storie*, Milano, Cisalpino, 2001, in part. pp. 708-718. Su Volta cfr. Fabio Bevilacqua – Lucio Fregonese (a cura di), *Nuova Voltiana. Studies on Volta and his Times*, Milano, Hoepli, 2000, vol. II; Giuliano Pancaldi, *Volta. Science and Culture in the Age of Enlightenment*, Princeton-Oxford, Princeton University Press, 2003. Più in generale per la partecipazione italiana ai dibattiti in corso, cfr. Marco Beretta, *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, “Nuncius”, 1989, IV, p. 119-146; Raffaella Seligardi, *Lavoisier in Italia. La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Firenze, Olschki, 2002, in part. pp. 269-285.

46. Volta a Carlo Amoretti, 27 marzo 1795 (Volta, *Aggiunte alle opere e all’epistolario di Alessandro Volta. Edizione nazionale*, Bologna, Zanichelli, 1966, p. 66).

47. Volta sarà infatti l’autore delle note relative alle voci sui gas contenute nella traduzione italiana della seconda edizione del *Dictionnaire* (Pierre-Joseph Macquer, *Dizionario di chimica [...] tradotto dal francese e corredato di note, e di nuovi articoli da Giovanni Antonio Scopoli*, Pavia, 1783-1784, 11 voll.).

48. Macquer, *Dictionnaire de chimie, contenant la théorie et la pratique de cette science, son application à la physique, à l’histoire naturelle, à la médecine, et aux arts dépendans de la chimie [...] Seconde édition, revue et considérablement augmentée*, Paris, 1778, vol. II, p. 198.

teoria di Götting (per la quale, nel 1795, Volta scrive di “inclinare”) è finanche possibile un recupero della terminologia tradizionale, conservando il vecchio nome di flogisto per la luce fissa, di aria flogisticata per l'azoto (che meglio sarebbe tuttavia denominare “gas lucifero”) e di processi “flogistici” per i fenomeni di combustione e calcinazione.⁴⁹ Ma soprattutto Götting ha il merito di riconoscere alla luce una centralità ignota sia alla *chimie nouvelle* sia alla chimica tradizionale, che parimenti confondevano due sostanze distinte. Infatti l'elemento della luce di Macquer, una volta reso libero, produce anch'esso sia calore sia fiamma, cioè si riconduce al fuoco (“il fuoco, o la luce”).⁵⁰ Quanto a Lavoisier, della luce il chimico francese “non sembra quasi tener conto”, o la suppone – “senza provarlo” – intrinsecamente combinata col calorico nell'aria vitale.⁵¹ E invece luce e calorico sono sostanze distinte e questa, per il professore pavese, è anzi “l'opinione ricevuta oggigiorno, più comunemente dai Fisici e dai Chimici”.⁵² Il punto è stabilire solidamente il sistema con nuove esperienze. Volta ammette di non aver sin lì condotto serie sperimentali a conferma, ma si ripromette di allestirle con Valentino Brusati (?-1825), collega nell'ateneo di Pavia, titolare della cattedra di chimica e anch'egli su posizioni mediane.⁵³ Per testimonianza indiretta sappiamo infatti della ripetizione da parte di Volta degli esperimenti del gruppo olandese di Deiman,⁵⁴ ma Brusati lascerà Pavia con la fine della dominazione asburgica, non vi ritornerà più e non abbiamo tracce ulteriori della loro collaborazione su questo terreno.

Avverso a Götting è invece il medico toscano Giovacchino Carradori (1758-1818), che dichiara esplicitamente, avendo per altro letto solo “l'estratto” del *Beytrag*, di non condividere nessuna delle teorie esposte nell'opera.⁵⁵ Sul “Gior-

Cfr. la voce “Phlogistique”, pp. 182-212, in part. pp. 198-209. Su Macquer e il *Dictionnaire* cfr. Roy G. Neville – William Arthur Smeaton, *Macquer's Dictionnaire de chimie: a Bibliographical Study*, “Annals of Science”, 1981, XXXVIII, pp. 613-662; Katja Schmiederer, *Das Dictionnaire de Chimie von Pierre Joseph Macquer (1718-1784): die Originale und Übersetzungen als Spiegelbild der Entwicklung der Chemie und Pharmazie im letzten Drittel des 18. Jahrhundert*, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2008; Ursula Klein – Christine Lehman, *Pierre-Joseph Macquer, an Eighteenth-Century Artisanal-Scientific Expert*, “Annals of Science”, 2012, LXIX, pp. 307-333; Christine Lehman, *Pierre-Joseph Macquer: Chemistry in the French Enlightenment*, “Osiris”, 2014, XXIX, pp. 245-261.

49. Volta, *Aggiunte alle opere e all'epistolario*, cit., p. 67.

50. Macquer, *Dictionnaire*, cit., vol. II, p. 207.

51. Volta, *Aggiunte alle opere e all'epistolario*, cit., p. 67.

52. *Ibid.*

53. Su Brusati cfr. Alessandra Ferraresi, *Valentino Brusati all'Università di Pavia: un caso della politica della scienza asburgica*, in *Atti del X Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica*, in *Rendiconti dell'Accademia delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze fisiche e naturali*, 1990, serie V, vol. XIV, parte II, t. II, pp. 155-170.

54. [Luigi Valentino Brugnatelli], *Nuovi esperimenti sulla combustione*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1795, VIII, p. 321.

55. Giovacchino Carradori, *Opposizioni al sistema di Götting*, “Giornale fisico-medico ossia raccolta di osservazioni sopra la fisica, matematica, chimica, storia naturale, medicina, chirurgia,

nale fisico-medico” del 1795 Carradori coglie nel segno colpendo la struttura deduttiva del sistema: le combinazioni, che il collega tedesco ha illustrato fra le diverse sostanze e la base della luce, non risultano sperimentalmente provate, ma dedotte come le più adatte a spiegare i fenomeni in accordo con una teoria di fatto prestabilita. In particolare nulla dimostra davvero che la luce venga dai corpi combustibili e non dall’aria pura. Carradori per un verso riconosce la luce come principio chimico autonomo, ma dall’altro rivendica la sua presenza sia in ossigeno sia in aria flogisticata – come ancora denomina l’azoto, composto dunque di luce, di “aria pura [!], e di qualch’altro principio”.⁵⁶ La prospettiva è palesemente eclettica e mal riconducibile alla chimica d’osservanza lavoisieriana. Difficile è dire quanto l’autore ne sia consapevole. Le *Opposizioni* di Carradori non sono del resto sostenute da alcun allestimento di serie sperimentali personalmente condotte.

A fine marzo 1795 è invece una mossa di Volta che accende il dibattito italiano con conseguenze sul momento non immaginabili. Il fisico comasco passa infatti il *Beytrag* al medico milanese Pietro Moscati (1739-1834), che se ne fa tramite con Carlo Amoretti (1741-1816),⁵⁷ poligrafo erudito di vivace interesse per le scienze naturali e per la chimica, nonché editore a Milano degli “Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti”, periodico noto e di larga diffusione. Amoretti si mette subito al lavoro per tradurre l’opera e chiede innanzi tutto lumi sul come rendere i termini chimici composti – “vantaggio e comodo” ovviamente esclusivo della lingua tedesca.⁵⁸ Distratto dalla non nascosta simpatia per la vecchia nomenclatura, Volta forse sottovaluta la questione terminologica. E invece, nel caso di Götting, essa rispecchia puntualmente i fondamenti teorici della dottrina e, se non adeguatamente risolta, rende impossibile proprio quel riprodurre con chiarezza il pensiero dell’autore che lo stesso Volta intende come compito primo di una buona traduzione. Amoretti stende dunque un “transunto” del *Beytrag*, cioè una sintesi neutra, che viene pubblicata sia nei citati “Opuscoli” sia negli “Annali di chimica” di Luigi Valentino Brugnatelli (1761-1818), docente a Pavia, personaggio scientificamente minore, ma con un ruolo importante nella comunicazione e nella politica della scienza.⁵⁹ Amoretti

arti e agricoltura per servire di seguito alla Biblioteca fisica d’Europa di L. Brugnatelli”, 1795, IV, p. 75. Il riferimento è presumibilmente al “transunto” pubblicato da Carlo Amoretti sia negli “Opuscoli” che negli “Annali”. Cfr. *infra*, nota (59).

56. Carradori, *Opposizioni*, cit., p. 77.

57. Volta, *Aggiunte alle opere e all’epistolario*, cit., p. 65. Su Amoretti cfr. Franco Arato, *Carlo Amoretti e il giornalismo scientifico nella Milano di fine Settecento*, “Annali della Fondazione Luigi Einaudi”, 1987, XXI, pp. 175-216.

58. Volta, *Aggiunte alle opere e all’epistolario*, cit., p. 65.

59. Carlo Amoretti, *Transunto delle riflessioni sulla chimica antiflogistica fondate sugli esperimenti del sig. G.F.A. Götting professore a Jena*, “Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti”, 1795, XVIII, pp. 168-181, tav. IV e anche in “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1795, VIII, pp. 286-315 (con note di Brugnatelli). L’estratto segue in effetti il consiglio contenuto nella cit. lettera di Volta (Volta, *Aggiunte alle opere e all’epistolario*, cit., pp. 65-66) e dà sia la nomencla-

correda l'estratto con una riproduzione della famosa cucurbita e, perché la cosa sia ancora più fruibile per il pubblico italiano (che ben difficilmente avrebbe avuto accesso al testo originale), correda l'immagine con lettere, che il transunto riprende per meglio illustrare la novità strumentale.

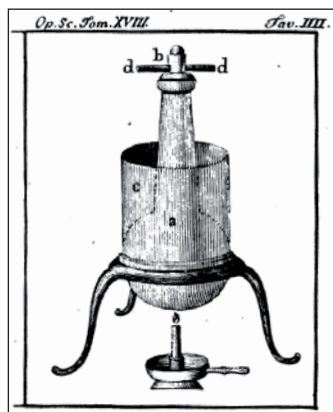


Fig. 16 – Carlo Amoretti, *Transunto delle riflessioni sulla chimica antiflogistica fondate sugli esperimenti del sig. G.F.A. Götting professore a Jena*, “Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti”, 1795, XVIII, tav. IV

in azoto. “Antica” – a suo avviso – è piuttosto la terminologia del collega tedesco, “anche più impropria per esprimere le cose nuove”.⁶² E infatti Brugnatelli usa l’occasione per lanciare le *proprie* originali denominazioni, presentate come alternative rispetto a tutte quelle in campo.

Nel *Prospetto di riforma alla nuova nomenclatura chimica*,⁶³ che Brugnatelli pubblica nello stesso tomo degli “Annali”, è proprio alla scoperta di Götting, cioè alla natura composta dell’azoto, che si aggancia la necessità di un nuovo nome. Il termine lavoisieriano è “inconveniente”,⁶⁴ perché – come sostiene il

Alla pubblicazione del pezzo sugli “Annali” Brugnatelli aggiunge invece numerose note, nelle quali critica ripetutamente Götting. Troppo spesso – a suo avviso – il collega di Jena non analizza i gas e le sostanze che residuano dopo le reazioni (valga per tutti, il caso della famosa “umidità” acida). Il professore pavese contesta l’imprecisione delle procedure, ma ammette che alle esperienze di Götting va rivolta la più seria attenzione: i fatti che esse illustrano sono “sorprendenti” e “interamente opposti” alla chimica di Lavoisier.⁶⁰ Brugnatelli dubita in effetti che nell’“aria mofetica” ci sia la base acida, ma dà per “non improbabile”⁶¹ che l’ossigeno si tramuti in azoto grazie all’azione della luce, quando quest’ultima subentra e si sostituisce al calorico. Analogamente accetta l’interpretazione di Götting per il controverso esperimento dell’ossigeno che, passando per la canna da pipia arroventata, induce bagliori nel fosforo, *ovvero* si trasforma

tedesca sia una traduzione letterale. In quest’ultima appaiono però refusi inquietanti circa la competenza linguistica di Amoretti che, per es., deforma in “light” proprio il termine chiave (“Licht”) della dottrina di Götting (cfr. Amoretti, *Transunto*, cit., p. 169). Su Brugnatelli cfr. Marco Beretta, *Luigi Valentino Brugnatelli e la chimica in Italia alla fine del Settecento*, “Storia in Lombardia”, 1988, VII, pp. 3-31.

60. Amoretti, *Transunto*, cit., p. 315.

61. *Ibid.*, p. 295.

62. *Ibid.*, p. 306.

63. Brugnatelli, *Prospetto di riforma alla nuova nomenclatura chimica proposta dai Sigg. Morveau, Lavoisier, Berthollet, e Fourcroy*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1795, VIII, pp. 149-173.

64. *Ibid.*, p. 164.

professore di Jena – non connota il gas in maniera univoca. L'azoto, secondo Götting, acidifica il fosforo e quindi potrebbe essere finanche denominato ossigeno, se si avesse certezza che esso agisce parimenti su tutte le basi che possono essere acidificate. Se si vuole (e infatti si deve) costruire il nome del fluido elastico sulla sua qualità specifica recentemente dimostrata, bisogna piuttosto riferirsi alla capacità di generare luce. Il nome di 'ossigeno' va per contro riservato a quella sostanza che davvero si scopra in esclusiva generatrice di acido: ciò che per Brugnatelli la *chimie nouvelle* non dimostra affatto. Per ossigeno e azoto il chimico pavese conia dunque i termini di gas "termogeno" e "fotogeno": parole e concetti che confermano – al di là dei dispareri esposti – larga possibilità di convergenza con la dottrina tedesca.

Brugnatelli riprende queste posizioni e le argomenta più diffusamente nel primo volume dei suoi fortunati *Elementi di chimica* (1795).⁶⁵ Calorico e luce sono nettamente separati e della seconda vengono distinte due tipologie: latente, cioè combinata ai corpi (e quindi impercettibile) e sensibile, che si manifesta ogni volta che nella sostanza diminuisce o si distrugge la capacità di contenerla. La base della luce combinata con l'ossigeno costituisce il fossigeno (i.e. l'azoto), in grado di "ossicare" sostanze capaci di dar luce – proprio come ha osservato Götting col fosforo, che in azoto brilla e acidifica. La luce agisce parimenti sui composti chimici e decompone molti "ossici" e/o "encausti" (i.e. acidi e/o calci) che emettono quindi termossigeno. Non è invece provato che essa sia contenuta in quest'ultimo, che infatti richiede temperatura più elevata per innescare la reazione. Di contro, il calorico non entra nella composizione del fossigeno, come appunto dimostrano gli esperimenti di Jena sia sulla luce del fosforo in azoto senza produzione di calore, sia di fusione del fosforo in ossigeno senza produzione di luce. Se il fosforo brilla in azoto, ciò non accade dunque né a causa di umidità inseparabile dal gas (come è stato sostenuto dalle note voci critiche tedesche) né per contaminazione d'ossigeno avvenuta a causa dell'inavvertenza sperimentale di cui Götting è stato ingiustamente accusato. E Brugnatelli sfuma così finalmente le critiche che egli stesso ha avanzato nelle note al *Transunto* di Amoretti.

Con l'impostazione manualistica dell'opera quadrano pure le valutazioni positive espresse per metodiche classiche di produzione dell'azoto, delle quali sono invece conosciute da tempo le non trascurabili criticità. Quanto alla combustione del fosforo in aria atmosferica, Lavoisier la consiglia, ma ignora che il minerale – come ha dimostrato Götting – decompone pure il "fossigeno" e lascia per residuo un fluido elastico carico di vapori fosforici e ben diverso dall'azoto comune. Brugnatelli quindi neppure cita l'inquinamento da ossigeno ormai trasversalmente discusso dalla chimica contemporanea. Il modo migliore per produrre il gas puro sarebbe anzi a suo avviso la combinazione diretta di ossigeno e base della luce. Ciò oggi sembra impossibile – ammette lo scienziato

65. Brugnatelli, *Elementi di chimica appoggiati alle più recenti scoperte chimiche e farmaceutiche*, Pavia, 1795, 3 voll. Cfr. in part. vol. I, pp. 80-85; pp. 211-221.

pavese – ma quello è sicuramente il futuro della chimica: di certo sempre più problematico per la teoria di Lavoisier, a suo avviso “assalita da ogni parte”.⁶⁶

Brugnatelli divulga inoltre per il pubblico italiano gli esperimenti di combustione eseguiti dal gruppo olandese e non esita ad annunciare di averli personalmente ripetuti “con ottimo successo”.⁶⁷ Ciò che conta – a suo avviso – è però riprendere le serie sperimentali di Jena e attivo su tal fronte deve essere in primis il laboratorio dell’università di Pavia, che è “il meglio assortito di comodi e stromenti”⁶⁸ e invece langue dopo la morte di Giovanni Antonio Scopoli (1723-1788). In quel medesimo 1795 così ricco di eventi, sulla cattedra ticinese di chimica fisica è chiamato in realtà lo stesso Brugnatelli, ma non saranno i chimici pavesi a decidere la partita. Il “transunto” di Amoretti porta infatti la notizia a ben altro lettore d’eccezione. Il biologo Lazzaro Spallanzani (1729-1799), giunto alla questione a seguito di indagini diverse, si mostrerà infatti inizialmente non sfavorevole alla posizione di Göttling, ma ne produrrà infine la contestazione sperimentale più limpida, ignorando i distinguo e le ambiguità delle critiche tedesche e bruciando sui tempi la risposta ufficiale del partito lavoisieriano.

66. Brugnatelli, *Nuovi esperimenti sulla combustione*, cit., p. 316.

67. *Ibid.*, p. 321.

68. Amoretti, *Transunto*, cit., p. 315.

III.

SPALLANZANI E LA CHIMICA

III.1. I vulcani

È abbastanza difficile datare con precisione quando e come nasca la passione di Lazzaro Spallanzani per la chimica.¹ La biografia composta dal fratello Niccolò riferisce gli esordi proprio a quel decisivo 1791 che scuote la comunità scientifica italiana con la traduzione della *Méthode de nomenclature chimique* e del *Traité élémentaire*.² In effetti, all'inizio di quell'anno è Lavoisier che prende l'iniziativa e informa Spallanzani di aver dato disposizione perché gli venga

1. Se paragonata alla fortuna critica di altri settori della scienza di Spallanzani, la letteratura secondaria sulle sue ricerche di chimica (organica e inorganica) è decisamente modesta. Cfr. al proposito Fabrizia Capuano – Paola Manzini (a cura di), *La “mal-aria” di Lazzaro Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Firenze, Olschki, 1996; Ezio Vaccari, *I Viaggi alle due Sicilie e il contributo di Spallanzani alle scienze geologiche del Settecento*, in Lazzaro Spallanzani, *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino [1792-1797]*, a cura di Ezio Vaccari, in *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte IV, vol. VI, t. I, pp. 9-27; Gian Clemente Parea, *Problemi di terminologia e metodo di studio nelle ricerche geologiche di Spallanzani*, in *ibid.*, pp. 29-67; Ciardi, *Gli ultimi anni di una straordinaria carriera*, in *ibid.*, Parte IV, vol. VII, pp. 5-11; Paola Manzini, *La salsa di Querciola e i vulcani di fango dell'Appennino Reggiano-Modenese*, in *ibid.*, Parte V, vol. IV, pp. 105-152; Ciardi, *Per una ricostruzione delle ricerche e delle memorie di Lazzaro Spallanzani sulla respirazione animale e vegetale*, in *ibid.*, vol. V, pp. 9-34; Fabrizia Capuano – Bruno Cavalchi, *Chimica pneumatica e fisiologica negli studi di Spallanzani sulla respirazione*, in *ibid.*, pp. 303-338; Maria Teresa Monti, *Storie di animali chiusi nell'aria. Spallanzani e la respirazione in vita e in morte*, Pisa, ETS, 2017; Ferdinando Taddei, *Dalla respirazione nei vermi al fuoco dei vulcani: le sperienze chimiche di Lazzaro Spallanzani*, in Spallanzani, *I ristretti* [2018], a cura di Francesco Barbieri, Ferdinando Taddei e Paola Manzini, in *Edizione*, cit., Parte VI, vol. III, pp. 201-276; Monti, *Spallanzani, la chimica e “la variazione accettabile”*, “Mefisto”, 2020, IV, pp. 9-37; Monti, *Spallanzani e le arie infiammabili (1789-1793)*, in Francesco Luzzini (a cura di), *Sine ira ac studio. Metodo e impegno civile per una razionalità illuministica. Contributi per Dario Generali*, Milano, Mimesis, di prossima pubblicazione.

2. Carlo Castellani, *Biografia inedita di Lazzaro Spallanzani ad opera del fratello Niccolò*, “Bollettino storico reggiano”, 1989, XXII, p. 42.

spedito il *Traité* (pubblicato peraltro da due anni).³ Siamo quindi decisamente in ritardo, e la cosa in fondo non stupisce: l'interlocutore è scienziato autorevole, ma sin lì attivo in settori tutt'altri rispetto alla chimica.⁴ L'operazione è invero di *captatio benevolentiae* e Lavoisier pratica una sorta di doppio artificio retorico: il suo nome forse non sarà mai arrivato a Spallanzani – scrive il 1° gennaio 1791 – ma un parere favorevole dello scienziato italiano lo lusingherà al massimo. Il biologo riceve il libro parecchi mesi dopo e, nell'unica lettera scambiata (o conservata), mostra di stare al gioco. Ostenta finto dispetto perché si possa finanche pensare che a Pavia sia sconosciuto il nome del “primo chimico, che presentemente vanta l'Europa”.⁵ Rilancia con l'iperbole e, contro ogni verosimiglianza, dà la nuova nomenclatura per “universalmente” accettata nell'ateneo ticinese – con la sola eccezione di Volta, liquidato come “quegli che ha scritto su l'aria infiammabile delle paludi.”⁶

Mesi prima il professore pavese si era del resto già formalmente esposto con le autorità della Lombardia asburgica a favore della nuova terminologia, “tanto opportuna a formare in noi idee giuste e precise delle sostanze di che parliamo.”⁷ Ovviamente estraneo alle questioni teoriche messe in campo da Lavoisier, Spallanzani aveva di sicuro ben capito che il sistema francese convergeva in quella ricerca di rigore di metodo che egli da sempre coltivava in tutt'altri settori. È però solo nel 1796 che il biologo compare ufficialmente sulla scena della chimica europea e, proprio con il suo primo intervento a stampa, produce la miglior contestazione sperimentale delle tesi di Götting. Per inquadrare la faccenda, dobbiamo tuttavia fare qualche passo indietro.

Di strumenti chimici, e in particolare di eudiometri a gas nitroso, Spallanzani discute con il corrispondente di Ginevra Jean Senebier (1742-1809) già alla fine degli anni Settanta del secolo, ma le sue prime analisi eudiometriche documentate sono quelle che, a partire dal 31 gennaio 1786, esegue durante la

3. Lavoisier a Spallanzani, 1° gennaio 1791 (Spallanzani, *Carteggi*, in *Edizione*, cit., Parte I, vol. V, p. 290).

4. Nello stesso giorno, e in termini analoghi, Lavoisier scrive infatti e invia il *Traité* a Volta e al matematico Antonio Maria Lorgna (1735-1796): entrambi scienziati noti, ma non chimici professionali (cfr. Lavoisier, *Œuvres [...] Correspondance [...] Edition dirigée par Patrice Bret*, vol. VI, Paris, 1997, pp. 217-218).

5. Spallanzani a Lavoisier, 1° settembre 1791 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. V, p. 291).

6. *Ibid.* Durante una vacanza estiva sul Lago Maggiore (1776), Volta aveva casualmente agitato con un bastone il fondo melmoso di certi canneti presso Angera, provocando la risalita in superficie di bollicine gassose. Le aveva raccolte e analizzate, scoprendo un fluido elastico che, diverso dalla già nota aria infiammabile metallica, s'accendeva e detonava se mischiato con percentuali date di aria comune. Volta aveva poi generalizzato la presenza di questa “aria infiammabile nativa” a tutte le paludi e ne aveva attribuito l'origine alla decomposizione delle materie organiche. Cfr. Volta, *Lettere [...] sull'aria infiammabile nativa delle paludi*, cit. Su Volta e le arie infiammabili cfr. Leslie Tomory, *Let it Burn: Distinguishing Inflammable Airs 1766-1790*, “Ambix”, 2009, LVI, pp. 253-272.

7. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 26 novembre 1790 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. I, p. 110).

spedizione a Costantinopoli (1785-1786).⁸ Si tratta tuttavia, almeno a giudicare dal diario, di osservazioni abbastanza estemporanee.⁹ Altro accenderà l'interesse per la chimica e l'itinerario non sarà per nulla lineare. Con l'incarico di direzione del Museo di Storia Naturale dell'Università di Pavia (contestuale alla chiamata sulla cattedra omonima nell'anno accademico 1769-1770), Spallanzani si era infatti avvicinato allo studio della mineralogia¹⁰ e la riorganizzazione del Museo gli aveva svelato quanto esso fosse povero specialmente di “cose vulcaniche”.¹¹ Due anni dopo il citato viaggio in Oriente, proprio lo studio dell'attività dei vulcani diventa punto qualificante delle ricerche che il biologo conduce durante la missione di esplorazione naturalistica alle Due Sicilie¹² e grazie alle quali arricchisce il Museo di produzioni laviche ben oltre ogni standard dell'epoca. Ma i vulcani (in eruzione o meno) possono diventare – si sa – laboratorio creativo di sostanze chimiche e sono appunto i vulcani a produrre il combustibile ideale che in Spallanzani trasforma il dovere accademico in passione per la ‘terra incognita’ della chimica pneumatica.

8. Spallanzani, *Viaggio a Costantinopoli* [2012], a cura di Paolo Mazzarello, in *Edizione*, cit., Parte V, vol. III, pp. 179-181; 184; 208-211. Sul viaggio (e quel che ne seguì) cfr. Paolo Mazzarello, *L'intrigo Spallanzani*, Torino, Bollati Boringhieri, 2021.

9. Cfr. però anche la lettera inviata a Marsilio Landriani (1751-1815) a metà dicembre 1786 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. V, p. 281).

10. Per i primissimi interessi di Spallanzani “naturalista geologo” cfr. i saggi introduttivi a Spallanzani, *Miscellanea di viaggi. Al Lago di Como, in Svizzera, a Retorbido, alla Salsa di Querciola* [2009], a cura di Paola Manzini, in *Edizione*, cit., Parte V, vol. IV. Cfr. anche Vaccari, *Spallanzani e le scienze geologiche del Settecento: un percorso interpretativo tra carteggi e diari di viaggio*, in Walter Bernardi – Marta Stefani (a cura di), *La sfida della modernità. Atti del Convegno Internazionale di Studi nel bicentenario della morte di Lazzaro Spallanzani*, Olschki, Firenze, 2000, pp. 293-317. Tracce della nuova passione mineralogica si trovano pure nel cit. diario del viaggio a Costantinopoli, durante il quale (e in particolare nel ritorno via terra) furono raccolte e spedite a Pavia casse di campioni naturalistici e geologici. Dalla seconda metà degli anni Ottanta spazio e attenzione crescente per la mineralogia saranno inoltre evidenti nell'attività didattica di Spallanzani (cfr. Ferraresi, *La storia naturale insegnata: problemi di contenuti, metodi, testi per Spallanzani*, in Bernardi – Stefani (a cura di), *La sfida della modernità*, cit., in part. pp. 130-131). Le trascrizioni di tre corsi di mineralogia sono edite in Spallanzani, *Edizione*, cit., Parte II, vol. I, pp. 205-353.

11. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. I, p. 101. Cfr. più in generale l'intero saggio introduttivo (pp. 101-112). Sul Museo cfr. Clementina Rovatti – Paolo Galeotti (a cura di), *Il Museo di Lazzaro Spallanzani 1771-1799. Una camera delle meraviglie tra l'Arcadia e Linneo. Catalogo della mostra*, Cava Manara, Greppi, 1999; Ferraresi, *I luoghi della scienza: l'Università di Pavia tra Sette e Ottocento*, in *Storia di Pavia*, vol. V, Milano, Banca Regionale Europea, 2000, pp. 338-344.

12. Cfr. Spallanzani, *Viaggi*, cit. Gli appunti stesi durante le esplorazioni sono editi in Spallanzani, *Miscellanea di viaggi*, cit., pp. 153-194; Spallanzani, *I ristretti*, cit., pp. 277-360. Sulle “filosofiche escursioni” di Spallanzani cfr. Mariafranca Spallanzani, *Lazzaro Spallanzani “viaggiatore filosofo”*, in Elvio Guagnini (a cura di), *La regione e l'Europa. Viaggi e viaggiatori emiliani e romagnoli nel Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1986, pp. 173-223; 335-346; Mariafranca Spallanzani, “*Filosofiche escursioni*”. *I viaggi naturalistici di Lazzaro Spallanzani*, in Spallanzani, *Pagine scelte dalle opere*, a cura di Carlo Castellani e Mariafranca Spallanzani, Reggio Emilia, Comune di Reggio Emilia Musei Civici, 1990, pp. 159-170.

I campioni mineralogici, prelevati durante il viaggio e provenienti dai Campi Flegrei, ma soprattutto dall'Etna e dalle isole Eolie, arrivano a Pavia in trentasei casse fra l'autunno e l'inverno del 1788.¹³ Il materiale ("raccolto con le mie mani" – scrive Spallanzani al plenipotenziario austriaco Johann Joseph Wilzeck (1738-1819))¹⁴ è stato scelto con occhio attento alle necessità dell'ateneo, ma plasma ben presto, e in modo sempre più evidente, anche il programma di ricerca dello scienziato. Le intenzioni di Spallanzani circa la selezione dei reperti si delineano infatti con il materiale ancora provvisoriamente disposto "sopra tavoloni" nella "quarta e ultima" stanza del Museo,¹⁵ e si esplicitano in modo chiarissimo quando, ai primi di giugno del 1789, il professore ne fornisce il catalogo al Consiglio di Governo.¹⁶ L'idea è di cedere alle autorità asburgiche solo la metà dei pezzi. Saranno – beninteso – i "più grandi, più pregevoli, più istruttivi" e – assicura Spallanzani – chi ha visto il materiale, ha già giudicato "non esservi una pari raccolta in tutta Italia".¹⁷ Il biologo medita in realtà di vendere i molti doppi, e però non esita a chiedere un compenso per il tempo, la fatica e i denari spesi. Se la cosa non andrà in porto alle sue condizioni, si sente infatti sin d'ora più che legittimato a tenere per sé l'intera collezione. In neppure venti giorni, la lungimiranza asburgica approva la proposta, i criteri e l'onorario.¹⁸

Spallanzani non sarà altrettanto fortunato con la gestione locale dei pezzi. Nel carteggio con le autorità è ben percepibile l'ansia per la raccolta non inventariata (e quindi a rischio di dispersione) e per la latitanza del nuovo custode nominato per la sezione mineralogica. Al catalogo e alla sistemazione di quest'ultima Vienna ha infatti destinato il barnabita Giovanni Martinenghi (1760-1822), che però ai primi di febbraio del 1789 è ancora al capo opposto dell'impero.¹⁹ Spallanzani freme, invia un "Compendio di istruzioni" perché il Consiglio lo trasmetta all'interessato,²⁰ ma sei mesi dopo ancora attende gli armadi per collocare i "metalli", che mancano d'inventario. I pezzi continuano a stare sulle "grandi tavole", esposti al rischio di furto da parte degli artigiani che frequentano gli spazi in allestimento.²¹

Gli Asburgo affidano la progettazione della sala e dell'arredo nulla meno che al famoso architetto Leopoldo Pollack (1751-1806), Spallanzani approva

13. Nei carteggi il numero oscilla e presumibilmente le casse non giunsero a Pavia tutte nello stesso tempo. Cfr. Spallanzani al fratello Niccolò (31 ottobre e 10 novembre 1788 – *Carteggi*, cit., vol. IX, p. 196); a Johann Joseph Wilzeck (9 novembre e 12 dicembre 1788 – *ibid.*, vol. XI, pp. 189-190) e a Lorgna (30 novembre 1788 – *ibid.*, vol. V, 359). La cifra si stabilizza con la cit. lettera a Wilzeck del 12 dicembre 1788 e tale resterà negli scambi successivi.

14. Spallanzani a Wilzeck, 9 novembre 1788 (*ibid.*, vol. XI, p. 189).

15. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 5 febbraio 1789 (*ibid.*, vol. I, p. 98).

16. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 7 giugno 1789 (*ibid.*, pp. 101-102).

17. *Ibid.*

18. R.I. Consiglio di Governo a Spallanzani, 25 giugno 1789 (*ibid.*, p. 104).

19. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 5 febbraio 1789 (*ibid.*, p. 98).

20. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 30 giugno 1790 (*ibid.*, p. 104).

21. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 5 novembre 1790 (*ibid.*, p. 108).

e loda i disegni,²² ma nella tarda primavera del 1791 la situazione non è molto mutata. Il professore denuncia al Consiglio di Governo il comportamento degli addetti, che non impediscono ai falegnami di toccare e addirittura mostrare i campioni. Non riuscendo ad aver presa su Martinenghi, che pure da tempo potrebbe avvalersi del catalogo già compilato per i pezzi vulcanici, Spallanzani chiede con insistenza affinché al custode nullafacente vengano impartite “superiori disposizioni”.²³ Difficile dire con quali esiti, dato che nello stesso anno il Consiglio viene soppresso.

Gli episodi sin qui narrati sembrano di folclore locale e danno invece la misura dell’attenzione ansiosa che il professore dedica alla faccenda e che è prova chiara di quanto radicalmente si stiano modificando gli equilibri all’interno del suo programma di ricerca. Spallanzani non esita infatti ad ammettere che la nuova linea d’indagine chimico-mineralogica lo assorbe per tutto il tempo che gli rimane dalle “pubbliche [...] incombenze”.²⁴ Già a fine novembre 1789, grazie al carteggio con Senebier, lo sappiamo occupatissimo dallo studio dei campioni vulcanici, che polverizza e sottopone al fuoco della fornace vetraria pavese, del fornello chimico e di un certo “picciolo stromento” che gli consente di lavorare a casa, assoggettando i campioni “alla fiamma di riverbero” massimamente potenziata dall’ossigeno.²⁵ Infatti, la fornace gli serve “a meraviglia”, ma non riesce a fondere diversi pezzi sui quali ha viceversa presa l’azione dell’aria vitale (“quanto ella è mai brava!”²⁶). Si tratta presumibilmente del “tubo ferruminatorio” a ossigeno, giudicato utilissimo per esperienza personale, raccomandato pochi mesi prima a un corrispondente in partenza per un viaggio di esplorazione naturalistica,²⁷ e suggerito nella versione illustrata dal chimico svedese Torbern Olof Bergman (1735-1784).²⁸ Sembra invece di poter escludere che Spallanzani si avvalga anche dei diversi apparecchi ad

22. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 10 dicembre 1790 (*ibid.*, p. 111).

23. Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 22 aprile 1791 (*ibid.*, p. 112).

24. Spallanzani a Senebier, 13 dicembre 1789 (*ibid.*, vol. VIII, p. 202).

25. Spallanzani a Senebier, 23 novembre 1789 (*ibid.*, p. 201).

26. Spallanzani a Senebier, 13 dicembre 1789 (*ibid.*, p. 202).

27. Spallanzani ad Alessandro Malaspina, 13 aprile 1789 (*ibid.*, vol. VI, pp. 65-66).

28. Cfr. Torbern Olof Bergman, *Commentatio de tubo ferruminatorio, eiusdemque usu, in explorandis corporibus praesertim mineralibus*, Vindobonae, 1779. Il cannello ferruminatorio era usato da orafi e soffiatori di vetro per fondere e saldare i metalli, sfruttando la corrente d’aria o di miscele di gas che, con modalità diverse, veniva diretta alla fiamma e la potenziava. Nel Settecento si ebbero invece le prime applicazioni pratiche del cannello in mineralogia ed esso fu usato diffusamente soprattutto in Svezia per eseguire rapide analisi qualitative di minerali e semilavorati industriali. Nella sua forma più semplice l’apparecchio era costituito da un tubicino d’ottone o altro metallo, curvato ad angolo retto, di lunghezza pari a 20-30 cm. L’operatore, soffiando col cannello sulla fiamma di una candela o di una lampada, otteneva un ‘dardo’ a temperatura molto elevata, che veniva indirizzato su un frammento del minerale in esame, posto su un supporto di materiale vario, talvolta con l’aggiunta di un fondente. Bergman, che fu il primo a distinguere la fiamma ossidante da quella riducente, usava un cannello d’argento smontabile in tre parti e con ugello d’oro.

ossigeno indicati nel *Traité* lavoisieriano per aumentare il calore e quindi l'efficacia della fusione.²⁹

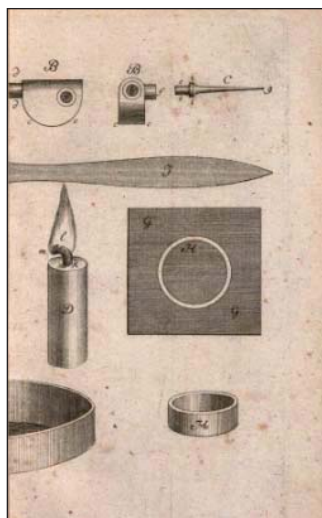


Fig. 17 – Torbern Olof Bergman, *Commentatio de tubo ferruminatorio, eiusdemque usu, in explorandis corporibus praesertim mineralibus*, Vindobonae, 1779, tav. a fine testo

In effetti non sappiamo perché lo scienziato si affanni tanto nel fondere le lave, cioè se già esista un progetto chiaro che dia un senso alla bulimia sperimentale trasparente dalle lettere. Comunque sia, il 13 dicembre 1789 Spallanzani chiede esplicitamente soccorso a Senebier per un preciso indirizzo di ricerca e la risposta è decisiva per trasformare gesti estemporanei in manovre sperimentali.³⁰ Il corrispondente, di ben altra esperienza e competenza chimica, pone infatti con grande semplicità l'interrogativo fondamentale: bisogna capire da dove proviene “il fuoco terribile” responsabile della quantità prodigiosa di materia fusa che i vulcani eruttano.³¹ Ecco quindi l'idea di polverizzare la lava, sottoporla all'azione del fuoco e attendere la liberazione eventuale di aria vitale o altro gas ‘endogeno’, cioè che non provenga da decomposizione dell'acqua o di acidi diversi. Nella lunga risposta del 31 gennaio 1790 Spallanzani coglie al volo le potenzialità della proposta e dichiara formalmente che, da lì in poi, la sua inchiesta mirerà all'origine del fuoco vulcanico e alla natura delle lave. Per i due anni suc-

cessivi l'enigma circa il “pabolo efficiente dei sotterranei incendi”³² riorienta l'indagine dalla mineralogia alla ricerca di gas contenuti nei campioni, cioè a un vero programma di chimica pneumatica.

III.2. L'“aria delle lave”

Rifuse e raffreddate, le lave manifestano internamente dei vuoti, che non preesistono alla fusione. Essi sembrano dunque rivelare la presenza di un fluido elastico che, sprigionato dal calore, potrebbe finanche spiegare la spinta all'eruzione: le lave meno espansive sono infatti quelle che rivelano poi meno

29. Cfr., per es., Lavoisier, *Traité*, cit., vol. I, tav. XII, fig. 15; tav. XIII, fig. 4.

30. Senebier a Spallanzani, 6 gennaio 1790 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, pp. 204-205). Su Senebier naturalista e chimico cfr. Kiyoon Kim, *Jean Senebier and the Genevan Naturalists*, University of Oklahoma, 1995 (PhD. diss.); Barbara Roth-Lochner, *Jean Senebier (1742-1809): le bibliothécaire entre les lettres et les sciences*, Genève, Société de Physique et d'Histoire Naturelle, 2010.

31. Senebier a Spallanzani, 6 gennaio 1790 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 204).

32. Spallanzani a Senebier, 31 gennaio 1790 (*ibid.*, p. 208).

bolle. Tuttavia nessun dispositivo – scrive perplesso Spallanzani a Ginevra³³ – è sin lì riuscito a raccogliere il gas misterioso. Per ottenere “l’aria delle lave” – come la chiama lo scienziato – è impraticabile l’indicazione che Senebier fornisce prontamente: a Pavia non esistono le storte di porcellana suggerite dal corrispondente.³⁴ E non solo. Il 12 marzo 1790 Spallanzani traccia un quadro desolante delle infrastrutture ticinesi: la fornace vetraria è chiusa, il laboratorio chimico dell’università è sprovvisto di un fornello adeguato (“ciò che sembra incredibile”),³⁵ resta soltanto la fornace che, una volta a settimana, cuoce le stoviglie. In effetti, dal carteggio sappiamo che Spallanzani dovrà attendere sino a giugno perché un fornello sia di nuovo in attività,³⁶ eppure si tratta di dispositivi di fattura relativamente banale e ben illustrati nel *Traité* lavoisieriano.

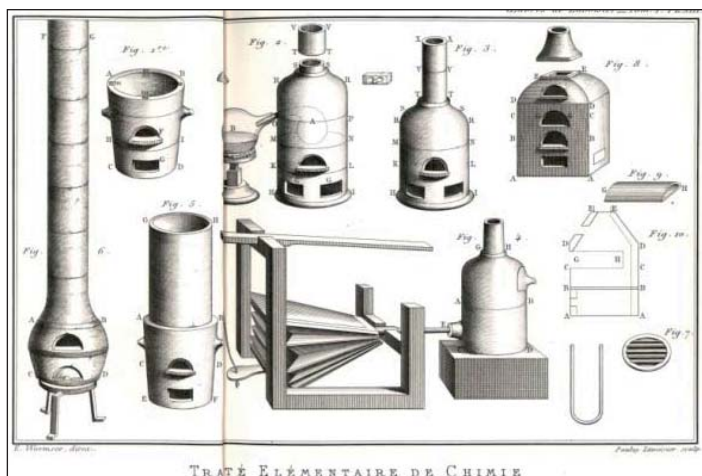


Fig. 18 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. XIII

con lo strumento a mercurio, ma non abbiamo prove che in quel momento abbia avuto davvero modo di usare il metallo liquido. Dopo l’estate, la situazione cittadina sembra migliorata: addirittura due fornaci ardono durante tutto l’inverno e forniscono innumerevoli crogioli di materie vulcaniche, con nuove modalità

Quando lo scienziato riesce finalmente a riprendere le fusioni, ecco di nuovo le bolle rivelatrici di un fluido elastico che l’apparecchio idropneumatico non riesce a raccogliere: il gas potrebbe quindi essere di natura non permanente.³⁷ Spallanzani progetta di ripetere le manovre

33. *Ibid.*, p. 213.

34. Nella lettera del 17 febbraio 1790 Senebier descrive in effetti una normalissima storta di porcellana alla quale è ben saldata una canna di fucile: espulsa l’aria eventualmente contenuta prima della fusione, attraverso un ulteriore tubo ricurvo adattato alla canna, il gas è fatto passare sotto l’acqua distillata, avendo cura di impedire il ritorno di quest’ultima nella storta (*ibid.*, p. 219). Cfr. la risposta di Spallanzani del 12 marzo (*ibid.*, pp. 222; 224).

35. *Ibid.*, p. 222.

36. Spallanzani a Senebier, 4 giugno 1790 (*ibid.*, p. 230).

37. Spallanzani a Senebier, 11 giugno 1790 (*ibid.*, p. 232).

e punti di fusione mai raggiunti prima.³⁸ Dagli appunti³⁹ e dal carteggio con Senebier s'intende anche un uso intensivo del fornello chimico e del cannello ad aria vitale, ma si avverte pure l'impazienza di Spallanzani che morde il freno, dovendo far eseguire espressamente persino strumenti banali quali storte e matracci d'argilla.⁴⁰

Nel 1791 il maneggio della fiamma è interrotto solo dalla villeggiatura estiva e prosegue sino all'allestimento e alla pubblicazione del primo tomo dei *Viaggi alle Due Sicilie*. Il 2 febbraio un primo (e isolato) resoconto dell'attività sperimentale compare nel quaderno d'appunti; la registrazione ricomincia con regolarità pressoché giornaliera dal 10 al 25 marzo; si interrompe, perché l'autore compila "Risultati dell'esperienze",⁴¹ e riprende dal 20 aprile al 10 maggio. La battaglia con l'inafferrabile fluido elastico prosegue.

Dubitando che il gas sia idrosolubile, nel citato appunto del 2 febbraio lo scienziato usa finalmente il mercurio. Polverizza vetro di Lipari e lo pone in un matraccio d'argilla al cui collo è saldato un palloncino di vetro dotato di tubo comunicante con l'apparecchio pneumatico. Nemmeno con la nuova procedura (e sei ore di fuoco) si ottiene però "la minima particella di fluido":⁴² eppure la pasta vetrosa una volta indurita è piena di bolle, e così risulta lo stesso vetro fuso alla fornace. *Mutatis mutandis*, la situazione potrebbe dunque essere simile a quella dell'acqua, che in ebollizione vaporizza se stessa. Il giorno dopo Spallanzani ne scrive a Senebier e progetta di ripetere con altri vetri vulcanici, avendone in abbondanza d'ogni sorta. Ma quantità e varietà dei campioni disponibili non bastano al furore sperimentale dello scienziato che infatti, per moltiplicare le tipologie a disposizione, medita di vendere o scambiare i doppi individuati anche nella parte della collezione vulcanica che ha trattenuto per sé.⁴³

Negli appunti delle fusioni eseguite durante il mese di marzo è osservazione pressoché costante che, all'aumentare del calore, si formano vapori, gocce at-

38. Spallanzani a Senebier, 14 novembre 1790 e 8 gennaio 1791 (*ibid.*, pp. 245-246).

39. Gli appunti degli esperimenti condotti sul materiale vulcanico dal 2 febbraio al 10 maggio 1791 sono editi in Spallanzani, *I ristretti*, cit., pp. 328-360.

40. Spallanzani a Senebier, 28 marzo 1791 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 253).

41. Spallanzani, *I ristretti*, cit., pp. 356-360. Si tratta di uno dei noti "ristretti" compilati da Spallanzani secondo l'abitudine, contratta sin dagli inizi della sua carriera scientifica, a riprendere e riassumere nelle modalità più varie osservazioni ed esperienze appuntate nei diari dedicati alle diverse inchieste seguite. Nel caso specifico, struttura organizzativa, artifici retorici e riferimenti al carteggio con Senebier indicano che la sintesi (datata 28 marzo 1791) è concepita in realtà come brutta copia della lettera che Spallanzani indirizza a Ginevra nello stesso giorno. Quest'ultima ne riprende infatti molte espressioni, così come il rimando all'invio contestuale di campioni mineralogici di Lipari, per i quali Senebier ringrazia nella risposta del 10 aprile (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, pp. 255-256). È dubbio invece che il ristretto sia stato allestito, come suggeriscono gli editori, in vista della lunga lettera che partirà il 30 maggio 1791 e che si colloca al termine di queste serie sperimentali.

42. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 351.

43. Spallanzani a Luigi Bossi Visconti, 12 marzo 1791 (*Carteggi*, vol. III, p. 58).

taccate alle pareti interne del palloncino e infine veri rivoli: pare proprio che il vetro medesimo si vaporizzi, quando il calore raggiunge il massimo, per tornare fluido allorché il fuoco diminuisce. L'appunto dell'11 marzo rimarca infatti che, raffreddato e consolidato il tutto (e ovviamente rotto il matraccio), le bolle risultano amplissime sul fondo, minori verso il collo, poche e piccole nel collo stesso. Forse deluso dalla ricerca (non interrotta, ma sempre infruttuosa) di un gas che si sprigioni e permanga, nei giorni successivi Spallanzani placa l'ansia del vedere impegnandosi piuttosto nell'analisi chimica dei liquidi prodotti durante le fusioni – raccolti, visibilissimi e testabili con reattivi diversi. Dal 19 marzo riprende tuttavia il tormento del fuoco e zeoliti di Lipari, dell'Etna e dei colli Euganei (anch'essi vulcanici e visitati nel 1790)⁴⁴ vengono sottoposti alla fiamma dell'ossigeno.

Nell'ultima nota redatta prima di compilare i citati “Risultati dell'esperienza”, i vetri tornano alla ribalta con una variante procedurale che vuol essere decisiva.⁴⁵ Le bolle infatti persistono anche ripetendo le fusioni dello stesso pezzo ripolverizzato. E invece la ripetizione (soprattutto all'alta temperatura prodotta dall'aria vitale) dovrebbe escludere gas eventualmente rinchiusi e responsabili del fenomeno. Ciò dimostra “senza replica”⁴⁶ – azzarda Spallanzani in una delle sue tipiche fughe in avanti – che le bolle non nascono da gas permanenti, ma dalla stessa sostanza vulcanica che cambia di stato. È vero che in precedenza ha egli stesso connesso l'iterazione delle fusioni alla sola diminuzione delle bolle, ma con “candore”⁴⁷ intatto lo scienziato ora ammette: “in quelle sperienze non sono sicuro di avere usata quella attenzione, che sono sicurissimo di avere adoperato in queste”.⁴⁸ Il gioco di parole, rafforzato dal superlativo, è sin troppo eloquente circa la selva di difficoltà, materiali e intellettuali, che la crescita di competenze e sapere comporta. Di fronte a ciò che accade in laboratorio, quella che invece di certo non regge è proprio la supposizione avanzata da Senebier, che ipotizza cavità nate durante il raffreddamento dei campioni a causa del modo diverso in cui le loro parti eterogenee si ritraggono.⁴⁹ Le bolle appaiono infatti anche quando il vetro è in fusione e, quanto al contrarsi successivo delle varie sostanze, questo dovrebbe – ragiona Spallanzani – produrre piuttosto crepacci e fessure.

Il 28 marzo, avendo ripetuto l'esperimento della “distillazione del vetro”, il biologo non usa più mezzi termini: mercurio o acqua poco importa, la raccolta

44. Spallanzani, *Viaggi*, cit., t. I, pp. 365-385.

45. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 332.

46. *Ibid.*

47. Sulla categoria del “candore” cfr. Maria Ferrucci, “La mano ristette”. *Strategie del candore nei giornali delle infusioni di Lazzaro Spallanzani*, in Monti (a cura di), *Ecriture et mémoire. Les carnets medico-biologiques de Vallisneri à E. Wolff*, Milano, FrancoAngeli, pp. 49-70.

48. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 359.

49. Senebier a Spallanzani, 24 febbraio 1791 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 251).

di un qualsivoglia “gaz proprio” non va mai a buon fine.⁵⁰ Il punto è “affatto nuovo”, la sperimentazione seriale ha felicemente prodotto il protocollo delle fusioni ripetute e con esso si può dunque affermare qualcosa “se non di certo, almeno di verosimile”.⁵¹ Si faranno altri saggi, ma le bolle (“pare”) “dimostrano” la nuova tesi della vaporizzazione e quest’ultima se ne può “legittimamente inferire” (“parmi”).⁵² Spallanzani mescola quindi le parole della cautela e quelle della certezza, ma alla fine sceglie l’audacia. È ben consapevole che la sua tesi rompe con quanto si è fin lì creduto e scritto (dagli autori e da lui stesso) ma, confrontati i propri primi passi con la “diligenza, e accuratezza”⁵³ dell’esperienza attuale, non ha esitazioni. La teoria della vaporizzazione è originale (è “mio scoprimento”) e innovativa (“riforma molto”) rispetto a ogni pregressa dottrina delle eruzioni vulcaniche.⁵⁴ La nota ambizione a far più e meglio degli altri (unita alla forte autostima dei propri risultati, altrettanto nota) si impone dunque anche in questa terra (già) incognita.⁵⁵

“Nuovi esperimenti sopra la distillazione di lave, e di vetri vulcanici dentro alle storte di argilla”⁵⁶ riprendono il 20 aprile 1791 con serie allestite in parallelo, cioè con tre apparecchi pneumatici a mercurio contemporaneamente in funzione e collegati ai matracci contenenti lave polverizzate di tre diverse provenienze. Acceso il fornello e fusi i campioni, un’unica bolla gassosa compare sopra il mercurio di un solo apparecchio e quindi “nulla decide”.⁵⁷ È il tipico ‘accidentale’ che non tocca la regolarità del ‘costante’.⁵⁸ Gli appunti delle prime due giornate dopo la ripresa del lavoro sono rapidi e sintetici, quasi che la materia non debba più riservare sorprese. Le cose cambiano invece a partire dall’annotazione del 23 aprile – sia per ciò che succede alle materie vulcaniche, sia per come si organizza la scrittura, che ora si dispiega in modo assai diverso rispetto al consueto report oggettivo.

Come nel diario Spallanzani rimarca esplicitamente (ed è la prima volta che ciò accade), lo scienziato scrive *solo dopo* essersi “restituito a casa”: non lo fa quindi subito e in loco, ma “tranquillamente, e riflessivamente”.⁵⁹ La cosa è del resto pressoché inevitabile in questo tipo d’inchiesta: è infatti poco credibile che il laboratorio chimico dell’università sia predisposto per mettersi tranquil-

50. *Ibid.*, p. 252.

51. *Ibid.*, p. 254.

52. *Ibid.*

53. *Ibid.*

54. *Ibid.* Cfr. anche la minuta della lettera contenuta nel ristretto (Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 360).

55. Senebier, per altro, rinnoverà i suoi dubbi nella risposta del 10 aprile 1791 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 256).

56. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 333.

57. *Ibid.*

58. Queste due categorie operano potentemente all’interno della scienza di Spallanzani. Cfr. al proposito Monti, *L’opuscolo di Spallanzani sugli “animali chiusi nell’aria” (1776). Una “storia sbagliata” di regole ed eccezioni*, “Mefisto”, 2017, I, pp. 83-104.

59. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 334.

lamente alla scrivania ed è certo impossibile scrivere alla fornace. Spallanzani avverte la necessità di fissare sulla pagina del giornale una condizione che dunque rompe la routine e che ai suoi occhi è importante quanto un risultato sperimentale inatteso. Quell'alternanza di 'laboratorio' e 'scrittoio' risulta in effetti del tutto nuova rispetto alla consueta gestione di spazi e tempi. Irrealizzabile è qui l'intreccio *materiale* di esperienza empirica ed esperienza testuale,⁶⁰ tipica di quasi tutte le inchieste sin qui seguite e annotate a caldo nei numerosi giornali. Le conseguenze sono immediate e importanti.

Un matraccio che si rompe, e il cui contenuto lascia intendere certe particolarità non notate prima, torna alla memoria – “mi è venuto in mente” – e ora lo scienziato non esita: bisogna ripetere un esame “più maturo” di *tutte* le colate sin lì avute.⁶¹ La nota del 23 aprile si trasforma infatti rapidamente in un riassunto che riprende e rilegge tutti gli appunti, a partire dal 2 febbraio, con l'occhio “principalmente” fisso alle bolle.⁶² L'attenzione va a configurazione, dimensione, numero e collocazione nella struttura dei campioni (regolare o irregolare, interna o superficiale, superiore o inferiore). Tutto è valutato comparativamente nelle diverse tipologie di materie vulcaniche (cinque lave di varia composizione e provenienza), per l'applicazione di differenti tecnologie e temperature di fusione (con aria vitale, fornello, fornace, matraccio/storta, crogiolo di varie forme) e confrontato agli esiti delle fusioni ripetute. Nel riassunto, le osservazioni prendono forma, “sembrano decisive”, diventano “fatti” e di nuovo “provano ad evidenza” che la materia lavica assume stato di fluido elastico, il quale si gonfia, rompe i contenitori (se d'ostacolo alla sua dilatazione) e dura come tale solo sinché persiste la temperatura.⁶³

Spallanzani ripercorre puntigliosamente anche le contestazioni contenute nella citata ultima lettera di Senebier, ribatte punto per punto e il confronto virtuale ha funzione euristica. Le obiezioni non reggono, ma richiamano casi riottosi che non si possono facilmente liquidare per accidentali. Dalla rilettura comparativa, alla quale Spallanzani si costringe compilando il ristretto, emerge infatti che le lave nei matracci rimangono molto più compatte e manifestano pochi e piccolissimi pori. Potrebbe essere in causa il minor calore sviluppato dal fornello, in grado di fondere i campioni, ma non di farli bollire, come invece avverrebbe nei crogioli alla fornace. Bisogna dunque ripetere col “tubo ferruminatorio”, cioè con la potenza dell'ossigeno. Gli esperimenti sono “importantissimi” e il superlativo – come spesso accade a Spallanzani – tradisce la frenesia che coglie l'autore nei momenti migliori: le bolle “denno comparire”.⁶⁴

60. Su questo soggetto, che svolge un ruolo molto complesso nella teoria e nella pratica della scienza di Spallanzani, cfr. Monti, *Spallanzani e le rigenerazioni animali. L'inchiesta, la comunicazione, la rete*, Firenze, Olschki, 2005; Monti, *Storie di animali*, cit., 2017.

61. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 335.

62. *Ibid.*

63. *Ibid.*, pp. 338-339.

64. *Ibid.*, p. 341.

Cinque giorni dopo, e malgrado quella chiusa imperativa, lo scienziato apre il quaderno degli appunti dando conto di eventi di routine, ottenuti lavorando al solito fornello nelle medesime circostanze. Il tono cambia però di nuovo quando Spallanzani scrive “con più diligenza, e dettaglio”.⁶⁵ “Restituitomi a casa” – ecco di nuovo i due livelli dello sguardo e dell’attenzione – fatti imprevisi emergono dalle “cose accennate poc’anzi al laboratorio chimico”.⁶⁶ La fusione senza bollitura (rimarcata nella nota del 23 aprile) ora è attestata dall’assenza di residui di smalto e lava ai lati dei matracci. Ancora di maggior rilievo è tuttavia un altro caso. Qui l’evenienza della bollitura è “innegabile”,⁶⁷ perché gli occhi di Spallanzani hanno seguito ogni fase dal pertugio del fornello. Ciò non di meno, alla fine appare una massa compatta. Il dubbio (inespresso, ma assai grave) è dunque che le bolle, già considerate segno regolare e costante della vaporizzazione della materia, possano appartenere in realtà al novero delle contingenze accidentali.

Il diario tace sino al 5 maggio, quando l’uso dell’ossigeno non muta comunque la situazione delle cinque lave ricordate nel riassunto. Esse fondono, ma non bollono e si convertono in globetti compatti. Ciò avviene “al solito”⁶⁸ e questa specificazione basta da sola per segnalare un ribaltamento della norma che rimette in discussione gli esiti di molte giornate di lavoro. Se e come la teoria ne esca ri-orientata, è ciò che s’intende dall’ultima nota (10 maggio) e ancor più dalla lettera che il 30 maggio parte alla volta di Ginevra.

Sul fronte dei dati osservativi, l’appunto del 10 maggio non contiene novità di rilievo. I campioni sono le consapute cinque lave e i risultati sono quelli riassunti nei due protocolli precedenti, ai quali per lo più si (ri)aggiungono ora gli effetti dell’aria vitale. Se l’ossigeno (più potente del fornello e della fornace) si porta in modo tanto deludente, la piccolezza dei fori potrebbe nascere – ragiona Spallanzani – dalla piccolezza dei campioni, che con i matracci è inevitabile. La valutazione comparativa dei cinque casi mostra però che l’escamotage è insostenibile. La tesi delle bolle da vaporizzazione (che dunque dovrebbero essere maggiori, alla maggior potenza calorica) rischia di non reggere ai fatti. La “pallina”⁶⁹ ottenuta dalla fusione delle lave e mantenuta fluida dall’ossigeno non bolle e non si gonfia. La conclusione è amara: “io qui non veggio miglior partito, che quello di raccontare i risultati fin qua avuti, indi pensare se ne può risultare una teoria”.⁷⁰ E, raccolti, comparati e schematizzati in 17 punti, i risultati sfuggono alla normalizzazione attesa.

Le lave di per sé porose (ma non tutte) lo diventano ancora di più alla fornace e prodotti vulcanici compatti (come smalti e vetri) si riempiono anch’essi di fori: eppure nei crogioli sono sottoposti a un fuoco che riproduce l’ebollizione,

65. *Ibid.*, p. 342.

66. *Ibid.*

67. *Ibid.*

68. *Ibid.*, p. 343.

69. *Ibid.*

70. *Ibid.*, p. 345.

ma è minore di quello che si sviluppa nelle viscere della terra. Parimenti accade nei matracci, con bolle che questa volta sono proporzionate al calore inferiore raggiungibile dal fornello, ma risultano comunque capaci di rompere i contenitori, se questi ultimi ostacolano la dilatazione. Resta l'enigma dell'aria vitale che, quand'anche arriva a far sobbollire la materia, produce pori comunque più piccoli di quelli generati dal fornello.

Non c'è alcun dubbio sull'esistenza di un fluido elastico non permanente, ma neppure alcuna certezza sulla sua natura e sulle modalità della sua azione. Spallanzani inquadra la situazione in modo impietoso. La tesi della 'vaporizzazione' è stata dapprima un'"ipotesi" (forte, perché supportata dalla teoria di Lavoisier sui passaggi di stato), poi è parsa "un fatto" dimostrato da "prove dirette" (le tracce della lava in ebollizione sulle pareti dei matracci) e capace di reggere alle obiezioni di Senebier, che – come s'è visto – "non mi fanno gran caso".⁷¹ Ma dopo la rassegna degli ultimi risultati essa torna "ipotesi" con "ragioni" sia a favore sia in contrasto⁷² e, fra queste ultime, particolarmente avversa sembra l'impossibilità di normare il rapporto tra intensità del fuoco e presenza/caratteristiche delle bolle. Tuttavia Spallanzani non demorde.

In primis lo scienziato ricorda "l'aria libera",⁷³ che ovviamente circola alla fornace e non nei matracci, ma ciò può ancora appartenere al novero delle variabili potenzialmente parassite. Ai "fatti" già costruiti per tali e soprattutto già fondativi della 'vecchia' teoria si aggiungono 'dati' che, benché a disposizione sin dall'inizio, diventano 'fatti' solo ora. Bisogna riconoscere che, almeno nelle lave naturalmente porose, esistono gas permanenti in grado di originare il sovrappiù di pori. Il nuovo 'fatto' sembra rovesciare la 'vecchia' teoria, ma in realtà – come spesso accade nella scienza spallanzaniana – esso piuttosto articola e amplia la norma perché catturi anche i fenomeni più riottosi. Il nuovo "costante" si sposta quindi dalla tipologia del gas alla tipologia dei prodotti vulcanici.⁷⁴ Ad alcuni fra essi la "porosità bollicosa" proprio non compete e la stessa aria vitale non è in grado di produrne l'ebollizione,⁷⁵ cioè esistono lave, o a dir meglio loro parti, che non sono vaporizzabili e altre che lo sono. La capacità di vaporizzazione e la porosità sono quindi in ragione della loro presenza e diffusione. La sottile distinzione fra le lave e le loro parti recupera, tra l'altro, proprio l'ipotesi di Senebier (già contestata) ed è evidentemente la chiave di volta che regge la nuova costruzione. In particolare essa dà conto di quanto recentemente è accaduto con l'aria vitale e ha provocato le crepe maggiori nella 'vecchia' teoria. I campioni sottoposti alla fiamma dell'ossigeno sono infatti di dimensioni inevitabilmente piccole: è perciò del tutto casuale che siano o meno privati proprio degli elementi vaporizzabili. Si finisce quindi per *non* avere ri-

71. *Ibid.*, p. 346.

72. *Ibid.*, p. 347.

73. *Ibid.*

74. *Ibid.*

75. *Ibid.*

sultati d'attendibilità proprio applicando la procedura che era stata introdotta per dirimere la questione. Il punto diventa ora come dar conto a Ginevra del *revirement* e infatti il biologo differisce la risposta sino al 30 maggio.⁷⁶

La lettera infine inviata a Senebier è costruita in modo assai faticoso. Si parte con i principali risultati intorno alle bolle, ricavati dalle “innumerabili” osservazioni ed esperienze e riassunti nei citati 17 punti.⁷⁷ Nel diario – lo sappiamo – quella sintesi aveva messo in evidenza le contraddizioni che portano alla ridefinizione della teoria. Nella lettera, invece, ai 17 punti segue ciò che resterà anche da ultimo incontrovertibile: le bolle sono l'esito di un fluido elastico che dilata le materie vulcaniche, che permane solo alle altissime temperature della fusione e che infatti, sperimentando con i matracci, non si è mai riusciti a raccogliere nel pallone collegato all'apparecchio pneumatico. Venendo però alla natura di tale fluido elastico le cose s'ingarbugliano parecchio. Nel tempo senza tempo che è lo spazio della lettera, lo scienziato ricostruisce le tappe centrali del percorso già fatto come se le stesse (ri)vivendo. Quindi la tesi della lava che vaporizza se stessa “era” un’“ipotesi”, ma “ora” essa “sembra” un “fatto” di cui si hanno “prove dirette”,⁷⁸ costituite (esattamente come nel diario) dal sottile velo vetrificato che rimane sulle pareti interne dei matracci chiusi e stretti, ma non dei crogioli, data la loro forma poco compiacente. Resta il ‘macigno’ dei 17 punti, già usati (contro ogni verosimiglianza) proprio per introdurre ‘il momento della certezza’. E con essi bisogna fare i conti.

“Ma conviene ora vedere, se questa teoria quadra coi 17 risultati indicati”⁷⁹ – e nella strategia retorica della lettera l'imbarazzo s'intreccia con la necessità di chiudere la partita nel modo meno *insoddisfacente* possibile. Ora le crepe appaiono chiare: i risultati ottenuti sia alla fornace sia con i matracci non concordano regolarmente con ciò che richiede il nucleo forte della tesi, vale a dire la proporzionalità diretta fra porosità e intensità del fuoco. Soprattutto non vi corrispondono gli esiti della fiamma dell'ossigeno, che pure Spallanzani continua a considerare il mezzo migliore per vaporizzare i materiali vulcanici. Non se ne esce, a meno di supporre che i pori abbiano origine “sotterra da qualche altro diverso gas” (e questa è di sicuro l'ipotesi meno confacente all'architettura della teoria), oppure poggiando sull'unica osservazione che “finora è costante”, cioè che la vaporizzazione non si lega all'intensità del fuoco, ma alla tipologia del materiale vulcanico.⁸⁰ La porosità della colata è quindi in ragione del nu-

76. In questo caso non si può imputare la cosa alla lacunosità del carteggio, dato che la lettera si apre proprio con il “millione di scuse per la lunga mia dilazione nel rispondere alla vostra del 10 aprile scorso” (cfr. Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 257). Spallanzani evoca settimane assai prese dalla preparazione del Museo alla visita del sovrano ed è in effetti possibile che quell'impegno abbia reso ancora più complicato riassumere per l'amico svizzero le recenti criticità sul fronte vulcanologico.

77. *Ibid.*, p. 258.

78. *Ibid.*, p. 259.

79. *Ibid.*, p. 260.

80. *Ibid.*

mero di parti compiacenti che sono casualmente presenti nella sostanza sperimentata, mentre la dimensione delle bolle corrisponde a quella del pezzo e alle caratteristiche del luogo di fusione. Persiste qualche eccezione, ma Spallanzani minimizza: “non ho ancora avuto tempo di pensarvi sopra, ma forse non sarà difficile il renderne qualche apparente ragione”.⁸¹ Lo scienziato ritiene del resto di aver fatto abbastanza per togliere ogni sospetto d’azzardo dalle sue affermazioni. E, se in apertura alla lettera ha anticipato che “forse” di questa materia così nuova non scriverà più a Senebier,⁸² nella chiusa già compare l’avviso per la spedizione contestuale di una scatoletta contenente campioni vulcanici particolarmente refrattari e di un certo cilindretto d’argilla restato per un giorno intero alla fornace. Il dubbio continua a rodere lo scienziato nel momento stesso in cui, con il corrispondente, vorrebbe far mostra di certezza e chiudere la partita. E il dubbio infatti riappare nulla meno che nella già citata lettera spedita a Lavoisier.

Il ringraziamento per il *Traité* è infatti, e senza troppi giri di *captatio benevolentiae*, l’espedito per lanciare al chimico francese la propria teoria delle bolle provenienti dalla lava vaporizzata e non da gas permanenti. Così – scrive Spallanzani – “io opino, anzi più fatti mi fanno credere”.⁸³ “Fatti” (qui generici e non detti) che non producono quindi teoria, ma l’*opinione creduta*. Il discomfort della situazione è dunque tale che costringe a rompere gli indugi e a chiedere a Lavoisier non solo un parere, ma, e in modo del tutto inverosimile, l’impegno personale a produrre evidenze sperimentali “su qualche lava”.⁸⁴ La risposta non ci sarà – o quanto meno non ne abbiamo notizia, forse per la lacunosità dello scambio epistolare, sicuramente per le ben altre preoccupazioni che di lì a breve distrarranno il maestro francese.

Nell’inverno del 1792 le fusioni continuano, ma s’intrecciano con altre direzioni di ricerca e lo scambio con Senebier, senza cedere d’intensità, è per lo più monopolizzato dai problemi connessi alla compilazione dell’opera sull’avventura mineralogica. Sarà l’amico di Ginevra a tornare sporadicamente sulla “gassificazione”⁸⁵ delle lave e a formulare un ultimo suggerimento di procedura. La situazione vulcanica può essere infatti simulata da una vescica riempita

81. *Ibid.*, p. 261.

82. *Ibid.*, p. 258.

83. Spallanzani a Lavoisier, 1° settembre 1791 (*Carteggi*, cit., vol. V, p. 291).

84. *Ibid.*

85. Senebier a Spallanzani, 8 novembre 1793 (*ibid.*, vol. VIII, p. 305). Traccia di manovre ulteriori con le materie vulcaniche si trovano però anche nello scambio epistolare, ben più tardo, intrattenuto con Jean-Henri Hassenfratz (1755-1827), docente di mineralogia all’Ecole des Mines di Parigi. Hassenfratz, evidentemente interpellato da Spallanzani, si dichiara esplicitamente avverso alla teoria della “gassificazione” e la contesta a seguito dei propri risultati sperimentali (cfr. la lettera di Hassenfratz dell’8 maggio 1797 – *ibid.*, vol. V, pp. 221-222). Spallanzani risponderà il 1° agosto 1797, programmando nuove fusioni per la stagione invernale, cioè per la riapertura della fornace vetraria pavese (*ibid.*, pp. 222-223). Nella lettera seguente, del marzo-aprile 1798 (*ibid.*, p. 223), il biologo ammetterà di non aver dato seguito al progetto, differito all’anno successivo, che sarà però quello della morte inattesa.

con acqua e sapone, alla quale siano mischiati idrogeno e ossigeno. La si dota di un tubo, la cui estremità finisce sotto l'acqua, si apre il rubinetto di cui il tubo è provvisto, si preme la vescica stessa e il contatto fra le bolle espulse e un corpo incendiato riprodurrà il fenomeno vulcanico, ovvero l'azione delle due arie sui componenti delle lave. Ma la manovra – risponde Spallanzani il 1° gennaio 1794 – gli è nota e consueta sin dal tempo remoto del viaggio a Costantinopoli, durante il quale “la terribile esplosione della saponata”,⁸⁶ prodotta dal semplice accostamento di una candeletta accesa, gli era valsa l'accusa pericolosa di stregoneria.

Spallanzani è già impegnato con la redazione dei *Viaggi* (che si sta rivelando più complessa del previsto) e del tutto inaspettatamente non sa decidere se adottare le parole della *chimie nouvelle* (di cui pure già si è fatto fermo sostenitore con le autorità asburgiche) oppure ripiegare sulla vecchia terminologia. Ed è sempre a Senebier (“Voi che avete occasione di leggere più di me”)⁸⁷ che lo scienziato chiede un parere dirimente. Per Spallanzani non è solo questione di maggiore o minore diffusione della nuova nomenclatura: le espressioni moderne gli sembrano “giuste e precise”, ma “qualche termine è fondato sopra ipotesi”.⁸⁸ La criticità è importante e invece il corrispondente di Ginevra gioca la sua risposta esclusivamente sul terreno dell'opportunità. La soluzione sincretica, che ha praticato personalmente, resta alla vecchia terminologia nelle “cose ordinarie” e adotta le parole di Lavoisier ovunque siano in causa “le nuove idee”.⁸⁹ Ma non c'è scelta che possa compiacere tutti: se Spallanzani ha intenzione di “corteggiare” i chimici francesi, bene farà ad usare in testo la nomenclatura nuova e in nota la parola “corrispondente dei poveri flogististi che gliene saranno grati”.⁹⁰ Senebier dimostra insomma di non intendere come, su questo terreno, ogni opportunismo pratico sia ambiguità teorica. Infatti l'idea stessa di corrispondenze possibili confligge col legame indissolubile stabilito da Lavoisier fra la rivoluzione dei concetti e la rivoluzione delle parole – e probabilmente Spallanzani lo capisce bene. Il biologo non ha però interesse a contraddire l'amico, che assicura da anni un insostituibile servizio di preziosa informazione bibliografica (e ha tradotto in francese quasi tutte le opere del corrispondente italiano). Assicura quindi che le parole nuove passeranno in testo e a piè di pagina ci sarà il vecchio termine “equivalente” (!).⁹¹ Come è noto, i *Viaggi* usciranno invece con applicazione abbastanza regolare delle nuove denominazioni, ma senza le note previste.

Nelle pagine dell'opera a stampa non c'è traccia dei tormenti materiali e concettuali che hanno segnato la frequentazione del materiale vulcanico ben

86. Spallanzani a Senebier, 1° gennaio 1794 (*ibid.*, vol. VIII, p. 312).

87. Spallanzani a Senebier, 28 marzo 1791 (*ibid.*, p. 255).

88. *Ibid.*

89. Senebier a Spallanzani, 10 aprile 1791 (*ibid.*, p. 257).

90. *Ibid.*

91. Spallanzani a Senebier, 30 maggio 1791 (*ibid.*, p. 258).

oltre i tempi della missione naturalistica e delle analisi eseguite sul campo. I *Viaggi* dedicano un capitolo alle “Ricerche sperimentali intorno alla natura dei gaz de’ vulcani e alle cagioni delle loro eruzioni”,⁹² confermano l’applicazione delle procedure che si son viste, dando forse qualche tassello ulteriore circa metodiche e strumenti. Spallanzani vi appare però di certo più sensibile al rischio d’inquinamento per penetrazione di gas esterni. I matracci dovranno essere a tenuta: ed ecco che lo scienziato li dota di un rivestimento protettivo, per impedire rotture e fessurazioni, che la narrazione riprende secondo la regola collaudata del realismo narrativo. Parimenti si ammettono contaminazioni accidentali d’aria comune preesistente nei contenitori, contaminazioni che il sistema a tenuta dovrebbe, ma non sempre riesce a evitare. E ancora. Prima di escludere fluidi elastici permanenti, cioè per aver certezza che nessun gas sia in realtà sfuggito, Spallanzani sostiene di aver testato le bottiglie immergendole nell’acqua o insufflando aria, procedure dunque drammaticamente domestiche, alle quali però segue anche l’uso della pompa a vuoto.

Nei *Viaggi* lo scienziato tace invece gli esiti contraddittori della fiamma ossigena e propone di fatto una sorta di mediazione tra le prime certezze e l’ultima ipotesi. È infatti supposta l’esistenza di varie tipologie di prodotti vulcanici, che tutti vaporizzano e ribollono, ma per farlo richiedono gradi differenti di calore e non si attengono quindi alla stessa proporzionalità. L’escamotage è dunque diverso da quello praticato nell’ultima lettera inviata a Ginevra, ma la situazione non ne risulta per questo meglio definita. Il laboratorio aveva nascosto il ‘fattore d’instabilità’ nella compresenza di sostanze laviche differenti. Qui si torna invece al ‘macigno epistemologico’ dell’oggetto invisibile: il fluido elastico non permanente che è causa di tutto, ma che resta inafferrabile e la cui inafferrabilità è il solo ‘fatto’ provato. È chiaro che il soggetto non risponde in modo conveniente agli standard di metodo ed episteme di Spallanzani. Parecchi anni prima, forzato proprio da Senebier a confrontarsi con le fumosità flogisticistiche di questioni di chimica organica, il biologo aveva ritenuto l’argomento ingestibile e, non possedendo strumenti materiali e concettuali per far più e meglio, se n’era disinteressato sino alla rivoluzione lavoisieriana.⁹³ Ora invece le cose vanno in maniera tutt’altra e la conclusione è sospesa. La sperimentazione – si legge nei *Viaggi* – ha infatti dimostrato che “l’arte sa imitare”⁹⁴ quanto avviene nei crateri, ma può studiare le esalazioni solo quando si sollevano nello stato di quiete. Le è infatti impossibile raccogliere i gas durante le fasi di attività. Lo scienziato ammette perciò di procedere solo “per via di conghietture” e cede infine all’“ipotesi” di una miscela attiva (costituita da ossigeno e gas mefitici), ma solo per quanto una mera ipotesi può valere, “pronto a rigettarla, ove trovata sia difettosa”.⁹⁵

92. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. I, pp. 391-407.

93. Cfr. *infra*, pp. 129-130.

94. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. I, p. 398.

95. *Ibid.*, p. 407.

III.3. La “mofeta”

Il riorientamento dell'interesse di Spallanzani dalla mineralogia alla chimica pneumatica è ancora più evidente nel resoconto delle emissioni di una “mofeta”, cioè di un vero laboratorio *en plein air* che era all'epoca meta nota dei viaggi europei di esplorazione naturalistica.⁹⁶ Il sito – la “Grotta del cane” – si trova proprio sull'itinerario seguito dal biologo durante la missione nell'Italia meridionale narrata nei *Viaggi*. L'opera ospita infatti il report del prelievo del gas e dei test condotti dal geologo Scipione Breislak (1748-1826), direttore della solfataria di Pozzuoli e guida di Spallanzani nell'escursione al Vesuvio e ai Campi Flegrei. Il luogo era tradizionalmente famoso per esalazioni non facili da raccogliere, ma in grado di ridurre in fin di vita il cane del custode, che rianimava spettacolarmente la bestiola gettandola nelle acque del vicino lago di Agnano. Nel programma del viaggio, il biologo aveva dunque inserito una serie di esperienze circa gli effetti dei vapori mefitici sull'economia animale, lasciando a Breislak le analisi chimiche. Spallanzani s'immaginava forse di riprendere il ruolo che, quasi quarant'anni prima, era stato del naturalista Jean-Antoine Nollet (1700-1770), accompagnato in quel teatro sperimentale da Giovanni Maria Della Torre (1710-1782), autore di una fortunata *Storia e fenomeni del Vesuvio*.⁹⁷ A sua volta, e *si parva licet*, Breislak avrebbe vestito i panni di Lavoisier, che nel 1780 aveva in effetti analizzato un campione di mofetta presentato all'Académie des Sciences. Il prolungarsi della sosta in Sicilia e l'urgenza di riprendere le lezioni a Pavia avevano però impedito al biologo di andare oltre la visita veloce del luglio 1788 e di fare la propria parte. Breislak, invece, aveva tenuto fede all'impegno, eseguito i test e inviato a Spallanzani una diligente relazione.

L'episodio non è evidentemente significativo in sé e del resto Spallanzani non condivide gli entusiasmi dei contemporanei, professionisti e dilettanti, per “l'esperimento del cane”⁹⁸ né ha interesse all'intreccio di curiosità naturalistica e socialità che nella grotta da sempre si realizzava. Per lui il sito è solo “una delle innumerabili mofete disseminate nel Globo”⁹⁹ e i malesseri di cui è causa sono effetto banale del gas acido carbonico respirato dal cane, per rianimare il quale è più che sufficiente l'aria comune. Gettare l'animale nel lago è “ciarlatanerìa”, messa in atto per lucrare sulla credulità dei visitatori.¹⁰⁰ La mofetta non arriva all'altezza dell'essere umano e Spallanzani racconta, con grande distacco

96. *Ibid.*, pp. 139-148.

97. Giovanni Maria Della Torre, *Storia e fenomeni del Vesuvio*, Napoli, 1755. Sulla storia e le frequentazioni di quel luogo di curiosità e di sapere, cfr. Corinna Guerra, *La Grotte du chien: un laboratoire européen des connaissances chimiques avant la création des laboratoires institutionnels à Naples*, “Archives Internationales d'Histoire des Sciences”, 2020, LXX, pp. 239-265. Per questi specifici episodi cfr. in part. pp. 251-252; 260.

98. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. I, p. 140.

99. *Ibid.*, p. 139.

100. *Ibid.*, p. 140.

critico, di esservi transitato senza alcun pericolo né – “per quanto aggrotrassi le ciglia” – avervi osservato esalazioni di sorta.¹⁰¹

Assai interessanti sono piuttosto le critiche severe alla procedura applicata da Breislak, critiche che il biologo avanza subito dopo aver ricevuto il resoconto da Napoli. In una lettera del 20 marzo 1791, indirizzata al geologo Alberto Fortis (1741-1803), la relazione è giudicata addirittura impubblicabile, a meno che Breislak non procuri di iterare, variare ed estendere opportunamente la sperimentazione.¹⁰² Non abbiamo però notizia di scambi ulteriori con il direttore della solfatara e, nel primo tomo dei *Viaggi*, la memoria viene inserita senza modifiche.¹⁰³ Spallanzani sceglie di pubblicare, ma contemporaneamente di colpire con “qualche picciol rilievo”.¹⁰⁴ La retorica dell’*understatement* introduce infatti la contestazione di inquinamento dei gas, inevitabile con le metodiche messe in atto da Breislak. L’accusa è sviluppata in modo limpido e puntuale e, per uno studioso che sinora abbiamo visto affannarsi nella ricerca di fluidi elastici inafferrabili, essa lascia intendere una consuetudine inattesa con i protocolli di raccolta e analisi.

Nel racconto di Breislak ciò che esala dal pavimento della grotta è testato con l’eudiometro ad aria nitrosa e secondo procedure di routine, che vi rivelano gas acido carbonico (40%), ossigeno (10%) e azoto (50%). La miscela, inadatta alla respirazione, consente non di meno al fosforo di innescare fenomeni luminosi non dissimili da quelli che si verificano in aria atmosferica. Il geologo non azzarda spiegazioni, né riesce ad accertare, per mancanza di temperatura adeguata, la produzione eventuale di acido fosforico. Breislak cita infine le esperienze lavoisieriane di combustione del fosforo in camera chiusa e ipotizza che lo spegnimento dei fenomeni non avvenga per “infezione dell’aria” – come a suo avviso sosterebbe il maestro francese – ma per i vapori emessi dalla materia fosforica.¹⁰⁵ La critica di Spallanzani non tocca le pasticciate congetture di chimica pneumatica azzardate da Breislak e si concentra piuttosto su un punto preciso, teoricamente certo di minor rilievo, ma decisivo per far emergere l’(in)attendibilità del metodo, su cui da ora in poi sempre più si focalizzerà l’attenzione del biologo.

Spallanzani non ha esitazioni: la fragilità, che rischia di invalidare ogni risultato di Breislak, sta nella procedura di raccolta del gas. Al centro della moffetta era stata infatti capovolta una boccia di vetro piena d’acqua, ma il fluido elastico che vi entra ed espelle il liquido – osserva il biologo – inevitabilmente si mischia all’aria comune. E serve a poco che esso venga subito sigillato nel contenitore. Benché infatti il gas acido carbonico sia più pesante, la combina-

101. *Ibid.*, p. 139.

102. Spallanzani ad Alberto Fortis, 20 marzo 1791 (*Carteggi*, cit., vol. IV, pp. 403-404).

103. Il saggio (Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. I, pp. 140-146) corrisponde esattamente alla lettera inviata da Breislak il 20 novembre 1790 (*Carteggi*, cit., vol. III, pp. 67-71). Breislak invero solleciterà un riscontro (28 dicembre 1790, *ibid.*, p. 72) di cui però nel carteggio non c’è traccia.

104. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. I, p. 146.

105. *Ibid.*, p. 145.

zione avviene di necessità: le porte del sito sono infatti ripetutamente aperte e provocano il sommovimento dei gas interni. Breislak avrebbe dovuto scavare una fossetta sul piano della grotta e riempirla d'acqua, subito gorgogliante per bolle ascendenti, prelevabili e trasportabili col liquido. E avrebbe fatto ancor meglio usando il mercurio. Raccolta senza rischio d'inquinamento, la mofetta – conclude Spallanzani – si sarebbe probabilmente rivelata gas acido carbonico, che il fuoco vulcanico sprigiona dagli strati di carbonato calcareo tipici dei luoghi. La manovra dunque *non* è eseguita dal biologo, ma l'opera a stampa la descrive con dettaglio e precisione che indicano un saper fare già notevolmente rodato. La chiave sta nelle esperienze sui gas che, condotte di persona durante le esplorazioni dell'Appennino modenese e reggiano, occuperanno le vacanze estive di Spallanzani dal 1789 al 1793.

III.4. Le arie infiammabili

Le escursioni appenniniche offrono a Spallanzani l'occasione per analizzare le esalazioni aeriformi di fenomeni pseudo-vulcanici caratterizzati da piccole, ma talvolta spettacolari fiammate dal sottosuolo (i “fuochi”) e da eruzioni di materia fangosa (fredda, ma effervescente) nel cratere di conetti terrosi (le “salse” o *mud volcanoes*).¹⁰⁶ Evidentemente suggestivi della presenza di arie infiammabili, essi riproducono le eruzioni maggiori, ma in modo ben più tranquillo: ciò che consente allo scienziato di riprendere il punto centrale delle indagini vulcanologiche (cosa origina e mantiene il fuoco lavico) e di focalizzare la ricerca su emissioni gassose qui finalmente accessibili.

Nel resoconto che lo scienziato ne farà a stampa,¹⁰⁷ il programma è francamente di chimica pneumatica, prevede lo studio di tale idrogeno “naturale” e il confronto con quello prodotto “dall'arte” (“metallico”), con altri fluidi elastici ottenuti per putrefazione di materie animali e fermentazione di vegetali, nonché con l'“aria infiammabile delle paludi”, discussa da Volta quasi vent'anni prima. L'opera pubblicata fissa e formalizza con ciò l'immagine di Spallanzani già chimico professionale, capace di affrontare gas di natura incerta e di prodursi in manovre che rivelano notevole padronanza nel maneggio di reagenti, dispositivi e tecniche di campionamento. A quelle pagine però non solo manca l'intensità emozionale che i *Viaggi* riservano alla descrizione dell'attività dei vulcani, ma soprattutto esse non rendono ragione dell'enorme lavoro di apprendistato, affinamento e infine dominio della materia che si svolse invece sulle montagne estensi. Sono piuttosto gli appunti delle esplorazioni appenniniche e le lettere

106. Salse e fuochi sono fenomeni geologici originati dal medesimo processo, vale a dire l'emissione in superficie di gas metano misto ad altri fluidi elastici (per lo più gas acido carbonico, azoto e idrogeno solforato), acque saline e talora anche idrocarburi fluidi. I serbatoi che alimentano la porzione liquida e argillosa stanno a circa 100-150 metri di profondità, che arriva invece ad alcuni chilometri per i gas eruttati.

107. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, pp. 597-693.

con Ginevra a mostrare ciò che per lo storico è più interessante, vale a dire il forgiarsi del programma d'indagine, che cresce al crescere delle conoscenze, e il dilagare della passione per la chimica che, da ramo collaterale del primo interesse per la mineralogia, si autonomizza e s'impone con prepotenza.¹⁰⁸ In questo caso infine non è Senebier a indicare il progetto di ricerca ed esso germoglia naturalmente dal tronco vulcanologico principale.

Per le estati del 1790, 1791 e 1793 i diari di Spallanzani dettagliano procedure applicate, strumenti utilizzati e risultati conseguiti. E, con le fasi della ricerca, illustrano in modo ben limpido la fatica del percorso e l'entusiasmo intatto di uno scienziato che, famoso per i suoi contributi in tutt'altri campi, non esita ad affrontare un ambito dove si scopre dilettante e si costruisce professionista. Non sono preservati invece quaderni di osservazioni eseguite nel 1789 e solo nelle giornate del 16 e del 17 agosto – apprendiamo dai *Viaggi*¹⁰⁹ – Spallanzani avrebbe prelevato il gas che, vicino ai fuochi, gorgoglia nell'acqua di pozze preesistenti o fatte scavare al momento, s'incendia alla fiamma e sprigiona il tipico odore d'idrogeno. Per quell'annata non abbiamo notizia di altre escursioni, che forse non ci furono o furono troppo inconcludenti per passare nel resoconto a stampa.

Il 4 giugno 1790 Spallanzani accenna a Senebier (unico interlocutore di questa inchiesta) di prime ricerche sui fuochi della località di Barigazzo, visitati in “corsa fuggitiva” durante la vacanza dell'anno precedente e liquidati per essere null'altro che “giuoco d'aria infiammabile”.¹¹⁰ Gli eventi erano stati dunque considerati appariscenti, ma di poco interesse. Ora invece l'intenzione è di trattarne nella redazione dei *Viaggi* e, come spesso avviene in Spallanzani, la “maggia della scrittura”¹¹¹ s'impone sull'esperienza empirica e anticipa l'esperienza cognitiva. Il piano è dunque di estendere la ricerca “moltissimo di più”,¹¹² ma il progetto – per come viene descritto a Senebier – è drammaticamente generico: il biologo porterà con sé l'apparecchio pneumatico, più reagenti ed altri mezzi, non meglio specificati, per analizzare il gas, ne indagherà “il pabolo” e come esso “si accenda spontaneamente”.¹¹³

A questo punto s'intende perché l'amico di Ginevra, autore recente proprio di *Recherches analytiques sur la nature de l'air inflammable*,¹¹⁴ debba intervenire e debba farlo con il tono didascalico e il dettaglio minuzioso della lun-

108. Gli appunti sono editi in Spallanzani, *Miscellanea di viaggi*, cit., pp. 153-190; Spallanzani, *I ristretti*, cit., pp. 277-326.

109. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, p. 616.

110. Spallanzani a Senebier, 4 giugno 1790 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 231). Spallanzani aveva raggiunto Barigazzo da Fanano (640m s.l.m.), località dell'Appennino modenese nella quale era solito villeggiare. Barigazzo (1217m s.l.m.), attualmente frazione del comune di Lama Mocogno in provincia di Modena, si trova sul versante meridionale del monte Cantiere e nei suoi dintorni sono a tutt'oggi attive le sorgenti naturali di metano.

111. Monti, *Spallanzani, la chimica*, cit., p. 25.

112. Spallanzani a Senebier, 4 giugno 1790 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 231).

113. *Ibid.*

114. Jean Senebier, *Recherches analytiques sur la nature de l'air inflammable*, Genève, 1784.

ga lettera inviata il 24 giugno 1790.¹¹⁵ Senebier propone in primis l'approccio comparativo fra le esalazioni locali e altre tipologie gassose quali l'aria comune, l'ossigeno e le arie infiammabili prodotte da putrefazione e da reazioni metalliche (di zinco e ferro, con precise indicazioni sulle metodiche per produrle). Le variabili di cui tener conto saranno: colore della fiamma e dei vapori, intensità della detonazione, odore, peso e sedimento. L'analisi sarà condotta con l'eudiometro ad aria infiammabile di Volta e si praticheranno i test con alcali caustico, soluzione di rame in acido nitroso, acqua e acqua di calce, più e meno concentrata. La lista è scontata: Senebier si sta quindi evidentemente rivolgendo a un interlocutore che giudica lontano dalla padronanza professionale della materia. Fa forse eccezione il riferimento meno banale, quello al dispositivo di Volta, ma la cosa attiene probabilmente al particolare rapporto di stima e amicizia che lega Senebier al fisico comasco, conosciuto proprio grazie alla mediazione di Spallanzani, ben prima che fra i due professori pavesi i rapporti si guastassero per rivalità accademiche e scientifiche. Le cose sono tuttavia sul punto di cambiare in modo radicale.

La stagione 1790, documentata da appunti pressoché giornalieri, inizia il 4 agosto a Barigazzo, si conclude alla vigilia del rientro a Pavia per l'inizio dell'anno accademico (25 ottobre) ed è di sicuro la più intensa per ciò che concerne l'analisi dei fluidi elastici. Il primo problema è come prelevare e trasportare. Al proposito Senebier non ha in effetti suggerito nulla e il gas viene raccolto in vesciche di bue e trasferito con lo strumento pneumatico ad acqua in vasetti cilindrici, bocce e bottiglie. Le indicazioni ricevute da Ginevra sono invece messe a frutto per quanto succede subito dopo, cioè la valutazione di colore e durata della fiamma, così come intensità e variazione dello scoppio. Il gas viene acceso avvicinando il cerino a una certa "bocchetta più piccola" oppure accostando la candela al tubetto d'ottone saldato direttamente al collo della vescica, né pare che le due variabili comportino differenze importanti negli esiti. Il biologo usa aria infiammabile sia pura sia miscelata in percentuali date di aria comune e di ossigeno. Cita al proposito le proporzioni con le quali la "pistola" di Volta ottiene l'esplosione (ma in questa occasione lo strumento non è usato) e, già a seguito delle esperienze ripetute nella prima giornata, si convince che l'aria infiammabile pura dà fiamma maggiore, laddove l'aggiunta di aria atmosferica, e soprattutto di ossigeno, aumenta la detonazione. Si va quindi in caccia della minima quantità di aria infiammabile perché ancora si abbia fuoco e scoppio, proseguendo al buio, perché non sfuggano i fenomeni più deboli, e aumentando il calibro del contenitore perché lo zolfanello possa internarsi a fondo e verificare davvero tutte le potenzialità di accensione.

Di concerto vanno le analisi. Spallanzani ricerca in primis la presenza di aria fissa e testa l'acidità agitando nei reagenti indicati da Senebier. A questo proposito il gas passa, sotto il battente dell'acqua, da tubi e tubetti alla "bocchetta grande" e, meglio ancora, alla "mastella" o "tinozzo" – termini che, ricorrenti

115. Senebier a Spallanzani, 24 giugno 1790 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, pp. 240-241).

nel diario e candidamente domestici, lasciano intendere l'uso di una versione assai semplificata della "cuve" lavoisieriana: di certo non si tratta della vasca in marmo illustrata dall'autore del *Traité* per escludere gli inconvenienti di restrizione e perdita tipici delle doghe di legno o la fragilità del vetro. L'oggetto di Spallanzani potrebbe essere affine al "mastello" del naturalista olandese Jan Ingenhousz (1730-1799), che lo raffigura nel 1785 riempito d'acqua e con la plancia (C) scavata a imbuto per collocare i diversi contenitori.

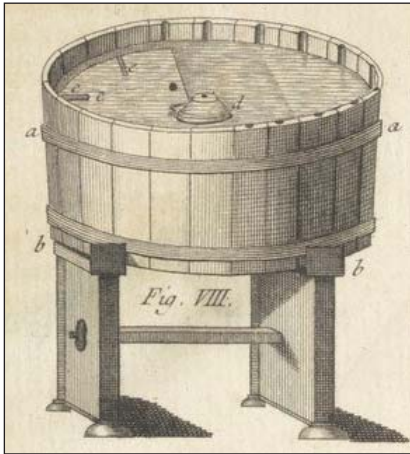


Fig. 19 – Jan Ingenhousz, *Observations sur la construction et l'usage de l'eudiomètre de M. Fontana et sur quelques propriétés particulières de l'air nitreux*, "Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts", 1785, XXVI, pp. 339-359, tav. I, fig. VIII

sa, quanto nell'aperta"¹¹⁸ (cioè sia nel contenitore sia nel tinozzo) i fenomeni *diminuiscono*. Asportare l'aria fissa inspiegabilmente toglie dunque 'attività': la faccenda dovrebbe andare all'opposto. Quindi non è chiaro cosa davvero sia stato assorbito e come sia percentualmente cambiata la composizione del gas. L'aggiunta di aria nitrosa determina anch'essa contrazioni di volume non meno variabili: non c'è regola neppure quanto all'ossigeno contenuto. Mancano invece strumenti certi per quantificare la presenza dell'azoto. La si può solo sospettare dato che, dopo un tempo dato e in assenza di aria fissa, la fiamma si estingue.

Con l'eccezione di una boccia "chiusa esattamente"¹¹⁹ i gas viaggiano nelle consapute vesciche e il 15 agosto Spallanzani si sposta dai fuochi al

Agitando in acqua, sembra certo l'assorbimento di gas acido carbonico e l'infiammabile naturale si accende poi con notevole fragore, ma la situazione è instabile. Sulla nota redatta a caldo Spallanzani aggiunge infatti un segno di disappunto: "*in seguito si vedrà meglio il contrario*".¹¹⁶ Ecco che bisogna "tornar da capo, e ripeter le prove."¹¹⁷

Con lo spirito dei tempi migliori, l'autore varia infatti la procedura, i reagenti e i contenitori, ma i risultati restano difformi. La quantità di gas idrosolubile è assai variabile e l'esito dell'agitazione del gas in acqua risulta decisamente incostante. Infiammabilità e detonazione ora aumentano, ora rimangono pari e allorché una regolarità finalmente s'impone, essa sconcerta. Infatti, quando *non* è depurata dal gas acido carbonico, l'aria infiammabile manifesta almeno un terzo *in più* di reattività. Per contro, "tanto nell'acqua chiusa,

116. Spallanzani, *I ristretti*, cit., p. 284. Corsivo dell'autore.

117. *Ibid.*

118. *Ibid.*, p. 285.

119. *Ibid.* p. 301.

campo base, collocato nella vicina località di Fanano, dove l'attività continua e si lavora al confronto tra l'aria infiammabile naturale e quella metallica, ottenuta – proprio come aveva indicato Senebier – trattando con acido vitriolico limatura di ferro e di zinco. In realtà gli appunti narrano soprattutto la “visiva sperienza”,¹²⁰ cioè la suggestiva fantasmagoria percettiva dei fenomeni di fiamma e detonazione, ai quali si aggiungono quelli delle bolle gassose che, passate nell'acqua saponata, si alzano e variamente volteggiano, suggerendo differenze di peso (che però non vengono quantificate). Test e procedure si moltiplicano: quella che Spallanzani ormai definisce “la mia aria” sembra per lo più portarsi meglio delle infiammabili metalliche, ma un criterio discriminante di ragionevole stabilità non si trova. Nelle more, accade quel che accade sempre quando lo scienziato è in caccia del ‘costante’ che deve emergere dalla massa insidiosa dell'‘accidentale’. Si va al limite: nel numero delle accensioni ripetute sino all'esaurimento dei fenomeni e nelle percentuali con cui le diverse tipologie di infiammabili vengono miscelate con ossigeno, aria comune e aria fissa. È di nuovo quest'ultima che prende la scena.

Dopo le bizzarrie dei giorni precedenti, nei quali la presenza di gas acido carbonico sembrava aumentare anziché diminuire la reattività, il dubbio continua a rodere Spallanzani. Si prova e riprova l'affidabilità dell'acqua di calce che però, nelle condizioni ricreate artificialmente, dimostra ampiamente di funzionare. Lo scienziato ripete, cambia contenitori e reagenti, allunga i tempi, ma l'asportazione dell'aria fissa continua sorprendentemente a pregiudicare l'infiammabilità. Le contrazioni di volume successive alla reazione sono incostanti: che altro è stato in realtà rimosso?

Altrettanto incostanti si mostrano di nuovo gli esiti del test con il gas nitroso, che indica la presenza di ossigeno. Nel prosieguo le cose non migliorano: neppure il manifestarsi dello scoppio è criterio affidabile. L'intensità dell'evento sembra dipendere dall'aria vitale, ma deflagra pure l'infiammabile metallica, che non dovrebbe contenerne. Impraticabile è la reazione con il solfuro di potassio, che Spallanzani ben conosce ma non possiede, attendendolo nulla meno che da Modena, all'epoca lontana un vero viaggio. E quando il fegato di zolfo finalmente arriva, lo scienziato lo mette a contatto con la “sua” aria, ma nessun assorbimento ne segue. Il gas dunque non contiene ossigeno. Gli enigmi non cedono e le criticità sono solo all'inizio.

Ai pochi dati quantitativi sin qui annotati si aggiunge il peso. “Ho diviso a pesar *meglio* l'aria infiammabile di Barigazzo” – scrive Spallanzani il 21 agosto.¹²¹ Non è dunque la prima volta che lo scienziato pesa una certa vescica piena di gas, ma è la prima volta che il gesto diventa procedura da fissare sulla pagina del diario. Si progetta pure il confronto con la stessa vescica riempita di aria comune e, a poche righe di distanza, la notevole leggerezza dell'infiammabile naturale illustra e spiega le combinazioni molte e curiose che si verificano

120. *Ibid.*, p. 292.

121. *Ibid.*, p. 295.

alla sua accensione. La variabile dovrebbe dunque essere parametrata, ma di nuovo s'impone la fantasmagoria percettiva delle esplosioni e, ancor più, della fiamma, che si allunga, si accorcia, si piega e si erge quando lo scienziato rovescia e raddrizza bocce e tubetti, vi affonda il cerino o lo ritira in un gioco di manovre moltiplicate.

Nella caccia al criterio per discriminare i diversi gas infiammabili compare anche la diversa reattività all'aggiunta di percentuali di aria fissa. I risultati, in effetti, non dicono molto, ma sono in chiara controtendenza rispetto alla bizzarra riduzione della reattività seguita, nei giorni precedenti, all'operazione opposta che, rimuovendo il gas acido carbonico, diminuiva fuoco e scoppio. Il biologo però non rimarca la cosa e lavora piuttosto sui diversi pesi specifici. Inoltra infatti la candela accesa nel tubo contenitore e, data la varia stratificazione dei fluidi elastici, annota come indicatore il livello sino al quale si mantiene la fiamma. Potrebbe esserne "prova sicura",¹²² se non fosse – ragiona Spallanzani – indizio parimenti forte della presenza di azoto. La situazione è da disambiguare, ma altro ruba l'attenzione. Il biologo inizia infatti a produrre gas da fermentazione vegetale. Tuttavia l'azoto non esce di scena.

In un piccolo tinazzo viene capovolta una boccia con foglie e acqua di fonte: dopo otto giorni (25 agosto 1790) ecco sprigionato un volume gassoso sufficiente per riempire a due terzi il consueto tubetto. Avvicinato il cerino, si ottengono fuoco e sensibile detonazione, ma, riallestite le bocce, il fluido elastico si rivela principalmente aria fissa e gas non infiammabile che – riflette Spallanzani – può essere solo azoto. Si ripete la procedura con materie animali in putrefazione e il prodotto, una volta liberato dall'aria fissa, si accende con detonazione più forte di quanto non sia mai avvenuto con le esalazioni di Barigazzo. La fiamma è però decisamente più debole e Spallanzani ne suppone impurezza da azoto, impossibile tuttavia da identificare direttamente.

I gas sono comparati anche in funzione della loro (ir)respirabilità, ma – forse per uno dei tipici automatismi della creatività scientifica – la manovra classica del confinamento, eseguita in aria atmosferica, viene anch'essa finalizzata piuttosto alla produzione di azoto. Uno specimen muore dopo 19 minuti e Spallanzani ne conclude che l'aria "è diventata mofeta".¹²³ La metodica è sicuramente la meno professionale (la morte di certo non esaurisce tutto l'ossigeno), ma per ora il problema della purezza del gas non si pone. A quell' "azoto" lo scienziato applica il consueto protocollo comparativo e soprattutto inizia a utilizzarlo nelle miscele con le arie infiammabili, dove la sua presenza produce generalmente (e genericamente) proporzionalità inversa all'entità dei fenomeni reattivi.

Dopo circa un mese di lavoro, nulla è definito. I criteri per distinguere i fluidi elastici (fiamma, scoppio, composizione, applicazione di reattivi) risultano altamente instabili e assai incerti sono i risultati delle analisi. Ben poco dice il colore della fiamma, che è stato sinora annotato con grande diligenza in tutte le sue

122. *Ibid.*, p. 304.

123. *Ibid.*, p. 303.

sfumature, ma che di rado corrisponde ai criteri di classificazione proposti nel *Traité* di Lavoisier, puntigliosamente citato. Alle criticità connesse all'aria fissa, che sono emerse subito, lo sviluppo dell'inchiesta ne ha dunque aggiunto di nuove e assai insidiose: in particolare c'è quasi ovunque sospetto d'azoto, che però non si riesce ad accertare con sicurezza né a isolare dall'aria infiammabile.

Il 2 settembre, a circa un mese di distanza dalla prima raccolta di idrogeno naturale, i conti non tornano. All'aria infiammabile Spallanzani unisce vitale e comune, ma ottiene accensione e scoppio con esiti contraddittori rispetto alle esperienze passate. Il tempo è trascorso – riflette il biologo – e il gas potrebbe essersi “alquanto pregiudicato”.¹²⁴ Il giorno dopo aggiunge di nuovo aria atmosferica e non ha quell'aumento di detonazione verificato invece incrementando la quantità di vitale. Per la prima volta appare il timore della contaminazione, che viene collegato alla permanenza del gas nelle note vesciche. Il fenomeno è per altro bizzarramente selettivo, dato che avviene solo per introduzione d'aria atmosferica e non si manifesta miscelando con ossigeno. Il biologo non ha memoria d'inquinamento dei campioni, ma ammette finalmente che in passato non ha fatto uso di “quella minuta avvertenza” che pratica ora.¹²⁵ Forse le manovre precedenti non sono state eseguite con la dovuta esattezza e altrettanto superficiale ne sarà risultato il resoconto del diario. Non c'è dunque altra via che ripetere le accensioni.

Spallanzani applica alle vesciche un certo “imbutino di vetro”¹²⁶ che, piegato da qualche giorno in sostituzione del tubo precedente, è fornito di base ampia, riduce al minimo il contatto con l'aria comune e consente un'accensione del gas subitanea e totale. Il dispositivo è molto conico e quindi non graduabile, ma “all'occhio” consentirà comunque di affermare “qualcosa di concludente”.¹²⁷ Invero i risultati dell'imbutino confermano quelli del tubo: all'aggiunta crescente di aria atmosferica, la detonazione diminuisce e pure l'accensione rallenta. Urge analizzare in loco l'aria comune, che potrebbe offrire soluzione al dilemma, magari scoprendosi “meno pura”¹²⁸ (meno ossigenata?). Ma lo scienziato – per quanto incredibile la cosa possa apparire – non ha con sé l'eudiometro e non può verificare. D'altro canto, non ammette in modo esplicito la contaminazione azotica, ma quella possibilità gli è tarlo evidentemente fastidioso. In contemporanea riprende infatti a confinare volatili per produrre azoto, mischiarlo all'infiammabile naturale e annotarne gli esiti, che in effetti sono di indebolimento sino alla cessazione dei fenomeni. Spallanzani non commenta e di nuovo altro ruba la sua attenzione.

Il 4 settembre la raccolta del primo campione di “così detta” aria infiammabile delle paludi apre la nota giornaliera.¹²⁹ È facile notare quel “così detta”,

124. *Ibid.*, p. 309.

125. *Ibid.*, p. 310.

126. *Ibid.*, p. 305.

127. *Ibid.*, p. 310.

128. *Ibid.*

129. *Ibid.*, p. 311.

maliziosamente polemico nei confronti di Volta persino nella pagina privata del diario. L'incontro con il fluido elastico è di certo atteso, ma probabilmente non cercato, dato che Spallanzani ammette di aver avuto consuetudine pressoché giornaliera con la fossa dove lo rinviene e in cui l'ortolano del luogo macera scarti per trasformarli in concime. È sufficiente rimestare l'acqua, perché il gas delle paludi gorgogli e il biologo si metta al lavoro con imbuto e vesciche. L'aria in questione è "inferiore in tutto"¹³⁰ all'infiammabile naturale, si accende in modo meno pronto e fragoroso e si spegne facilmente. Tuttavia la differenza non viene dalla modesta presenza accertata di aria fissa che, una volta rimossa, sembra di nuovo – e di nuovo inspiegabilmente – indebolire la fiamma. L'assorbimento in acqua – si lancia anzi Spallanzani – non pare, per entità della diminuzione, riguardare il solo gas acido carbonico: la stessa aria infiammabile ne sarebbe misteriosamente "sciolta".¹³¹ La discriminante non viene neppure da componenti che il gas delle paludi abbia in comune con l'aria atmosferica, dato che gli eventi reattivi diminuiscono aumentando quest'ultima nella miscela.

Due giorni dopo è finalmente operativo l'eudiometro ad aria nitrosa, con il quale vengono subito analizzate l'infiammabile naturale e l'aria di palude. Rimosso l'ossigeno – l'unico che il dispositivo possa a quantificare – e assorbita al solito l'aria fissa, emerge infine la componente azotica che, oggetto sinora d'interesse pressante ma estemporaneo, prende la scena. Essa si delinea come elemento importante di tutte le infiammabili naturali, da analizzare, separare o aggiungere negli esperimenti per parametrare il suo effetto (dis)attivante su fiamma e detonazione. Inizia così finalmente a delinarsi la questione del rapporto fra i *componenti* dei gas infiammabili e i loro *contaminanti*. Non è novità il fatto che l'aria di Barigazzo, conservata nelle vesciche, si mostri indebolita. È invece novità che Spallanzani la definisca perciò *apertis verbis* contaminata da aria comune, entrata di sicuro nei contenitori durante i passaggi. Reazioni perfettamente intatte manifesta invece, dopo ben ventitré giorni, l'aria preservata in boccia chiusa sopra l'acqua, che non sembra quindi apportare alcun nocumento.

A metà settembre ci si sposta alle salse della Maina e di Montegibbio.¹³² Lo scienziato sa bene che anche Volta ha, in passato e in tutt'altre zone, studiato analoghi fenomeni pseudo vulcanici, stabilendo l'identità di quelle esalazioni

130. *Ibid.*, p. 312.

131. *Ibid.*

132. Spallanzani aveva già visitato la salsa della Maina il 18 settembre 1785 e vi era tornato nell'agosto del 1789 (cfr. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, pp. 665; 667). La prima escursione a Montegibbio (citata in *ibid.*, p. 673) risale addirittura al 24 ottobre del 1784 (cfr. la lettera del 22 ottobre 1784 a Gherardo Rangone (1744-1815) compagno nell'escursione – Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VII, p. 34 – e anche Spallanzani, *Viaggi*, cit., p. 674). La salsa di Montegibbio (275m s.l.m.) si trova nel comune di Sassuolo a pochi chilometri da Modena. Nota nei secoli per periodiche eruzioni assai violente, ha avuto risvegli periodici sino all'Ottocento e un episodio eruttivo proprio nel 1790. La salsa della Maina (o di Puianello – 440m s.l.m.) risulta oggi nel comune di Maranello ed è costituita da cinque coni eruttivi ancora dotati di discreta attività.

gassose con la sua aria infiammabile delle paludi.¹³³ Di sicuro, l'idea di far più e meglio del collega poco amato è un ottimo motivo che stimola ad approfondire la ricerca sulla natura dei fluidi elastici. Ma non solo. Con il consenso di Spallanzani, il fisico comasco aveva già pubblicato nel 1784 un report delle escursioni che, nello stesso anno, il biologo aveva compiuto nei luoghi.¹³⁴ È quindi ora urgente precisare e approfondire, dimostrando di possedere la materia ben più di quanto traspariva da quel "transunto".

Non abbiamo appunti presi in loco e le note riprendono quando l'autore è già tornato nella cittadina natale di Scandiano. Invero, dal 22 al 27 settembre 1790, sono il filtro e l'analisi chimica di acque e terre prelevate a impegnare del tutto lo scienziato, che solo il 28 di quel mese torna a lavorare sui gas (sempre conservati nelle vesciche). C'è però una notevole novità strumentale. Con le tre arie (dato che, da ora in poi, la comparazione riguarderà principalmente i fluidi elastici di Barigazzo, Montegibbio e Maina) Spallanzani carica la pistola di Volta e la scintilla innescata dall'elettroforo non riesce a provocare l'accensione in nessuna delle varie percentuali sperimentate. Rispetto ai fuochi, i test indicano subito che le nuove esalazioni sono più cariche di gas acido carbonico (e l'aria di Montegibbio lo è ancora di più di quella della Maina). Infatti non sostengono la fiamma e richiedono che lo zolfanello sia ripetutamente accostato. Ciò confligge con le precedenti bizzarrie, ma la cosa non è rimarcata.

Il 30 settembre il biologo è alla salsa di Querciola (o Salsa della Valle dell'Inferno)¹³⁵ e, di ritorno a Scandiano, gli appunti del giorno successivo danno indicazioni interessanti circa la procedura di raccolta delle esalazioni. Un ampio imbuto viene applicato a uno dei gorgi maggiori, l'aria esce sibilandolo dalla parte superiore e – di nuovo – viene raccolta nelle vesciche, dalle quali passa direttamente ai test con l'acqua di calce e la tintura di tornasole.¹³⁶ Si evita così il trasferimento ai precedenti tubi e tubetti, che deve avvenire sotto il battente dell'acqua e può – riflette ora Spallanzani – falsare i dati. L'acqua di calce

133. Cfr. Volta, *Memoria sopra i fuochi de' terreni e delle fontane ardenti in generale, e sopra quelli di Pietra-Mala in particolare* [1784], in *Le Opere*, cit., vol. VII, pp. 107-119 e *Appendice alla memoria sopra i fuochi de' terreni e delle fontane ardenti [...]* ove parlasi particolarmente di quelli di Velleja, in *ibid.*, pp. 121-133.

134. Il "transunto" di Volta è edito in *Appendice*, cit., pp. 130-133.

135. All'epoca di Spallanzani la salsa di Querciola (440 m s.l.m.), raggiungibile da Scandiano con un'escursione di pochi chilometri, contava ben 17 coni ed era più piccola di quella di Montegibbio, ma più grande della Maina (cfr. Spallanzani, *Miscellanea di viaggi*, cit., p. 154). La salsa si trova oggi tra le frazioni di Regnano e Fondiano ed è nota per fasi parossistiche ricorrenti sino agli anni Sessanta del secolo scorso. Dalla cit. testimonianza di Volta si apprende di una visita di Spallanzani alla salsa in questione presumibilmente coeva all'escursione del 24 ottobre 1784. Una gita al "piccol vulcano" era stata proposta già il 16 ottobre 1771 all'amico e naturalista modenese Giuseppe Rovatti (1746-1812) – cfr. al proposito Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VII, p. 168. Per il ricordo dell'escursione, effettivamente avvenuta, cfr. la nota del 23 ottobre 1793 in Spallanzani, *Miscellanea di viaggi*, cit., p. 181.

136. Tintura di tornasole e di girasole sono indicatori di origine vegetale che cambiano colore in funzione del pH, virando dal rosso (in soluzione fortemente acida) al blu dell'ambiente basico.

si altera minimamente e la tintura mostra solo una men che modesta sfumatura rossastra: l'aria fissa dovrebbe dunque essere "arcipochissima".¹³⁷ A questo punto il biologo non riesce però a spiegare quanto ha appena verificato, vale a dire che il gas (benché il flusso sia continuo) regge l'accensione solo per pochi secondi, dopo di che è necessario riavvicinare il cerino. La fiamma ha la stessa sfumatura azzurro-bianca dell'aria dei fuochi e il colore, di nuovo, sembra indicare una presenza minima di gas acido carbonico. Qualcosa dunque non quadra e Spallanzani torna con la memoria a fattori (di natura non chimica e perciò in prima istanza non considerati) assenti a Barigazzo e che qui potrebbero impedire la continuazione del fuoco: forse il forte vento del luogo, forse l'impeto con cui il gas fuoriesce. La riprova, che attive sono proprio quelle contingenze, sta nell'artificio con il quale si riproducono le condizioni naturali, vale a dire l'uscita forzata del gas dai contenitori. Anche quanto ad infiammabilità, le arie vanno del pari. Vacilla la diagnosi di maggior purezza già attribuita al fluido elastico dei fuochi: la qualità è la "medesima" – chiude, forse con troppa fretta, Spallanzani.¹³⁸

Con procedura analoga vengono raccolte bolle di una nuova tipologia di aria infiammabile, prodotta da canapa posta a macerare un mese prima. Positivo ai test rivelatori di aria fissa e poi agitato anche nell'acqua del tinazzo, il gas cala di volume per più di un quarto: eppure fiamma e detonazione non aumentano e restano più deboli e discontinue di quelle verificate con il fluido elastico di Querciola. L'eudiometro a gas nitroso esclude ossigeno e il cerchio potrebbe infine chiudersi sulla presenza di azoto, ma ciò non avviene. O quanto meno non si fissa sulla pagina del diario. Il tarlo dell'azoto scava però nella mente del biologo, che infatti confina due uccelli per decomporre l'aria comune e ottenere il gas da sperimentare intensivamente in seguito. Dopo la morte dei volatili, il residuo gassoso viene infatti analizzato e si rimarca finalmente con l'eudiometro ciò che, in modo abbastanza singolare, non è stato sinora rimarcato, vale a dire la persistenza di una piccola quantità di ossigeno. Piccola al punto da considerarla del tutto trascurabile. Spallanzani vi riconosce anche aria fissa, ma decide infine che se ne servirà comunque come *puro* azoto.

Il 7 ottobre si torna alle arie infiammabili naturali, dove l'agitazione in acqua produce un minimo assorbimento. Rimossa in tal modo la modesta quantità di gas acido carbonico e verificata l'assenza di ossigeno, bisogna arrendersi: la miscela è ormai costituita da un volume d'azoto proporzionalmente ben maggiore. Il giorno successivo, una manovra descritta nel diario con grande puntiglio miscela l'esalazione di Querciola (priva di aria fissa e già nota per migliori exploit) con un quinto e poi con un sesto di azoto – proprio quello dove sono morti gli uccelli. Quell'azoto – il biologo ormai lo sa – è contaminato, ma la fiamma risulta comunque minore e il cerino si spegne. L'esperimento "sembra

137. Spallanzani, *Miscellanea di viaggi*, cit., p. 157.

138. *Ibid.*, p. 158.

decidere”,¹³⁹ i pezzi del puzzle sono tutti sul tavolo e basterebbe davvero poco per assemblarli correttamente. L'attenzione devia però di nuovo. Il nocumento potrebbe non venire dalla composizione del gas (prevalentemente azotica), ma dall'angustia del vaso, a causa della quale l'aria infiammabile comunica poco con l'aria comune e quindi spegne lo zolfanello. Spallanzani riprende perciò il solito imbuto dalla bocca larga, che garantisce quel maggior accesso all'aria comune di cui l'infiammabile naturale necessita e, a parità di volumi gassosi, la proporzionalità fra presenza d'azoto e debolezza della reazione è certa. Un campione di controllo, istituito con infiammabile metallica, manifesta comportamento analogo. Ma come “separare l'aria mofetica [i.e. azotica] dall'infiammabile”?¹⁴⁰

Una variazione nella manovra analitica, che ha sin qui sfruttato l'idrosolubilità dell'aria fissa, produce un risultato inatteso. Dal 9 ottobre Spallanzani lavora con aria infiammabile che, sprigionata da escrementi animali, si riduce di ben un quarto agitandola nel tinazzo pieno d'acqua e, assorbita in tal modo la componente di gas acido carbonico (o quanto meno ridotta – ammette ora lo scienziato), continua a manifestare reazioni inferiori a quella delle esalazioni di Barigazzo. A parità di condizioni, ma evitando ogni scuotimento, la riduzione di volume è invece men che modesta. L'agitazione potrebbe quindi essere una variabile fuori controllo, a causa della quale il calcolo della presenza di aria fissa diventa inattendibile. Spallanzani torna con la memoria – ciò che ormai gli capita sempre più di frequente – alle esperienze passate e conclude con orrore che, in forza del rimescolamento, la stessa aria infiammabile potrebbe essere stata scomposta dall'acqua. La porzione solubile aumenta di conseguenza e perciò nell'assorbimento non entra solo il gas acido carbonico, ma qualche componente ulteriore. La decisione è presa con la determinazione dei tempi migliori: “ho dunque divisato d'instituire nuove esperienze sopra tutte le arie infiammabili che mi trovo avere”.¹⁴¹ Bastano pochi giorni e l'equivocità di certe osservazioni precedenti (in primis quelle sull'aria di canapa) appare con tutta evidenza e va corretta. Rieseguiti i soliti test, ecco che l'infiammabile vegetale contiene in realtà pochissima aria fissa e la causa della sua “inferiorità” non sta “assolutamente” in essa, ma nella presenza d'azoto.¹⁴² Il cerchio si (ri)chiude sulla costituzionale inafferrabilità di quest'ultimo: “Quanto mi rincresce” – conclude Spallanzani con dispetto – di non aver reagenti, onde separarlo, e misurarne la quantità.”¹⁴³

I punti deboli della prima stagione sperimentale, che sta per concludersi, emergono a cascata. Lo scienziato compara finalmente l'aria di Barigazzo conservata nelle vesciche con quella tenuta in boccette a tappo smerigliato, dove

139. *Ibid.*, p. 163.

140. *Ibid.*, p. 164.

141. *Ibid.*, p. 166

142. *Ibid.*

143. *Ibid.*, p. 167.

il gas è perfettamente isolato sopra l'acqua. Il risultato ha l'effetto di una folgorazione che irrompe nel report dei fatti: "quanto mai mi ha giovato questo confronto".¹⁴⁴ La bella fiamma, che non si verifica più nel primo caso e persiste invece con le bottigliette, scioglie le riserve. Spallanzani riconosce senza mezzi termini di essersi ingannato: l'aria rimasta per due mesi nelle vesciche è tutt'altro che intatta. La conservazione inadeguata ha contaminato il gas e quindi indebolito la reazione – come appare anche nell'aria di Querciola, che sembra anzi averne sofferto maggiormente. La cosa tuttavia non si verifica nei campioni della Maïna e di Montegibbio e questo innesca nuovi dubbi. L'inquinamento potrebbe ricondursi non alle vesciche in quanto tali, ma al deterioramento di alcune fra loro: ciò che però una rapida verifica esclude senz'altro. Al netto di ogni variabile parassita, si conferma sia l'inferiore infiammabilità delle arie delle salse rispetto a quelle dei fuochi, sia l'assenza (o quasi) di aria fissa nel secondo caso. Era infatti ben strano che, rimosso il gas acido carbonico, l'attività dei fluidi elastici diminuisse. Le esperienze si susseguono febbrilmente dal 14 al 17 ottobre e i test con l'acqua di calce, ripetuti sul gas di Montegibbio, confermano tracce modestissime: quando la fiamma è debole, significa che all'infiammabile è unito un diverso fluido elastico mefitico e può trattarsi solo di azoto. La presenza della mofetta continua a essere provata solo in modo indiretto, ma Spallanzani non ha più dubbi e nella narrazione fredda degli eventi spicca finanche un punto esclamativo: "Quanto mai le osservazioni, e le esperienze di questo giorno sono istruttive!"¹⁴⁵

Dal 1° novembre 1790 il professore è a Pavia per l'inizio dell'anno accademico, ma negli ultimi giorni trascorsi a Scandiano ha ancora il tempo per una visita a Querciola, che conferma l'azione debilitante del soggiorno nella vescica, dato che l'aria 'recente' quasi eguaglia quella di Barigazzo. L'interesse è tuttavia prevalentemente vulcanologico, vale a dire rivolto non tanto alla composizione chimica del gas, quanto alle caratteristiche del getto e del fuoco interiore che lo anima.

III.5. Il racconto

Nell'estate del 1791 (19 giugno-1° settembre) le analisi si svolgono a Pavia in modo molto più episodico e non riguardano comunque le arie, ma le terre (cioè i fanghi) delle medesime località.¹⁴⁶ Non abbiamo note per la stagione del 1792 e solo rari appunti dell'autunno 1793 per tre visite alle salse di Querciola e di Montegibbio, nonché ai "fonti del petrolio".¹⁴⁷ In quegli anni, in effetti, è

144. *Ibid.*

145. *Ibid.*, p. 168.

146. *Ibid.*, pp. 174-178.

147. *Ibid.*, pp. 179-184. L'"ultima gita" a Montegibbio (2 novembre 1793) è citata in Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, p. 675. Per la visita ai due pozzi di petrolio cfr. *ibid.*, pp. 681-684.

piuttosto la redazione dei “tentativi fisici e chimici”¹⁴⁸ intrapresi sulle esalazioni a impegnare non poco Spallanzani, che riuscirà a darne conto solo nel tomo quinto dei *Viaggi*, pubblicato nel 1795.¹⁴⁹

Nell'opera a stampa le arie infiammabili diventano “gaz idrogeni” (al plurale) e questo lavoro ‘sulle parole’ è di sicuro ciò che, almeno di primo acchito, colpisce di più. Tuttavia gli interventi di maggior impegno sono certamente altri – nelle metodiche e nel merito. La narrazione pubblicata comincia dagli esperimenti condotti ai fuochi di Barigazzo e con prove di accensione che, all'inizio, avviene per il semplice innesco fornito da uno zolfanello lasciato cadere. La fiammata è improvvisa, si estende, diminuisce, ma non si spegne per azione dell'acqua, riacquista vigore e cede solo quando un ostacolo o il vento la soffoca. Nel racconto, il primo momento non prevede quindi la raccolta dei gas: lo sguardo si dispiega piuttosto sulla spettacolarità dell'evento e non è in fondo molto diverso da quello dell'“ornato Forestiere”¹⁵⁰ che l'avidità dei nativi trascina, per denaro, alla visita dei fuochi. Ma il viaggiatore curioso non fa scavare buche – come dispone invece Spallanzani – non le riempie d'acqua di fonte e non accende col solito zolfanello le bolle gassose che – *come previsto* – attraversano il liquido, vengono a galla e si consumano.

A questo punto può essere introdotta esplicitamente la *pre-visione* dello scienziato ed essa si appunta sull'impaccio rappresentato dalla terra smossa o dall'acqua sovrapposta, che chiude le strade per le quali il fluido elastico dovrebbe uscire, e che rende le bolle scarse e piccole in proporzione a quanto il biologo *sa* essere il volume dei fuochi. L'interferenza con la naturalità degli eventi cresce con la sperimentazione che, a fuochi spenti, usa combustibili diversi per ravvivarli e, a fuochi accesi, valuta il perimetro entro il quale sono efficaci apertura e chiusura di nuove vie d'uscita. Ora la scena è pronta perché le zappe dei manovali passino nel cono d'ombra e il riflettore illumini piuttosto la mano dello scienziato e lo strumento che ne è protesi. Riempita nuovamente d'acqua la pozza già scavata, ecco l'“imbuto grande preso dalla vicina osteria”¹⁵¹ che, immerso nel liquido, obbliga il gas a uscire in asciutto. Il fluido elastico è quindi isolato artificialmente (ma non ancora raccolto) e, avvicinata la fiamma della candela, una “bellissima fontana di fuoco” persiste nell'aria libera sino a che l'attrezzo vi è mantenuto.¹⁵² La domesticità dello strumento (quasi archetipo dei dispositivi successivi) e l'indulgenza all'estetica della fantasmagoria percettiva diventano la cifra delle due uniche giornate spese a Barigazzo nel 1789. Potenzialità dell'oggetto d'indagine e, insieme, limiti di sapere e saper fare nel maneggio dei gas appaiono con chiarezza e l'autore li mostra

148. *Ibid.*, p. 645.

149. *Ibid.*, pp. 615-691.

150. *Ibid.*, p. 619.

151. *Ibid.*, p. 618.

152. *Ibid.*

strategicamente, dato che sulla loro doppia rivelazione giustifica e costruisce il progetto di ricerca per l'anno seguente.¹⁵³

Il biologo “non è contento”: non gli bastano gli “esami fisici”,¹⁵⁴ che hanno collegato il nuovo ramo d'indagine al tronco principale dello studio vulcanologico. Ecco la ‘voglia’ (termine ricorrente negli appunti di Spallanzani) di “debite analisi” sui gas generatori dei fuochi.¹⁵⁵ Quindi oltre a reagenti e barattoli, nella narrazione della stagione successiva compare subito l'apparecchio pneumatico a mercurio, che il biologo si sarebbe portato appresso e di cui invece non c'è traccia nel diario. A due giorni dalla ripresa dei lavori nell'estate del 1790 Spallanzani aveva in effetti assicurato Senebier di esser provvisto di “tutti gl'idonei strumenti” e di mancare “solo” proprio del mercurio.¹⁵⁶ La carenza, in quel primo momento, può esser parsa di poco conto, ma l'opera a stampa deve celare la leggerezza del principiante. L'apparecchio ha evidente valore simbolico, il suo uso indica il passaggio della ricerca alla fase professionale e alla stessa intenzionalità risponde il programma di analizzare in loco, piuttosto che trasportare i gas nel lungo viaggio a Pavia. Ciò riflette senz'altro timori pressoché assenti all'inizio e massimi da ultimo: le vesciche si disseccano, emanano “aliti” e assorbono i gas contenuti; i vasi di vetro chiusi a tappo smerigliato e capovolti in acqua sono invece ottimi ed escludono il rischio di contaminazione, “ma come portarli a 130 e più miglia senza pericolo di rottura?”¹⁵⁷

A distanza di un anno dalla prima esplorazione, i fenomeni appaiono identici: quindi nel racconto la situazione va forzata. Ed è forzata anzi tutto cercando di implementare l'“incendio”. A tal fine l'intervento è ben più radicale di quello dell'annata precedente. Spallanzani dispone lo scavo di una fossa sotto l'area dei fuochi (già spenti), sfruttando la naturale pendenza del luogo e procedendo in orizzontale quasi fin sotto di essi. Entra personalmente nella buca, ma si ferma a distanza rispetto alla zona in cui, al di sopra, ardevano le fiammelle. È sufficiente che uno zolfanello venga lasciato cadere e la fiammata brucia ciglia e capelli, malgrado la rapida fuga. L'autore gioca sul folclore degli avvenimenti, ma l'operazione è suggestiva anche di preziose indicazioni scientifiche.

Le fiamme infatti non vengono tutte dal fondo della fossa e Spallanzani rimarca lateralmente larghe fenditure, quasi strade obbligate che il gas deve seguire da sottoterra e per le quali è forzato in direzione orizzontale, volgendosi all'insù solo una volta uscito e accendendosi quindi con ampiezza ignota agli stessi nativi. Se la maggior parte degli abitanti accorre allo spettacolo nuovo, altra è però la prospettiva dello scienziato. Spallanzani è infatti compiaciuto per

153. L'implicito contrappunto è con l'imbuto, adattato al collo di bottiglie, bocce e caraffe, di cui Volta si era servito e soprattutto *aveva continuato* a servirsi nelle sue frequentazioni sia delle paludi sia delle salse (cfr. Volta, *Memoria sopra i fuochi*, cit., pp. 115-116 e *Appendice*, cit., p. 125.).

154. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, p. 618.

155. *Ibid.*

156. Spallanzani a Senebier, 27 luglio 1790 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 244).

157. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, pp. 618-619.

il risultato, ma è ben più desideroso di spegnere fuochi tanto imponenti e condurre le proprie osservazioni sul fluido elastico che esce dalle preziose fessure. Acqua abbondante ha ragione dell'incendio e, appena nella fossa il termometro segnala il ritorno alla normalità, il biologo entra nella buca, dove la presenza del gas è segnalata per l'odore acuto e l'uscita dalle crepe di un "lievissimo venticello".¹⁵⁸ Spallanzani non esita e conficca nella fenditura un lungo tubetto d'ottone, legato strettamente al collo di una vescica, lentamente e parzialmente riempita dal gas, chiusa per una sorta di rubinetto (il "galletto")¹⁵⁹ e quindi rimossa. Accostato lo zolfanello acceso all'estremità del tubo, premuta la vescica e girata la valvola, il gas esce, s'incendia sino ad esaurimento ed è né più né meno che quel "venticello", già misurato di temperatura identica all'ambiente. Per tutti i giorni trascorsi a Barigazzo (quindici, secondo la narrazione) l'artificio interferisce ipertrofizzando il fenomeno, consente di raccogliere al meglio ed è perfettamente in grado di assicurare tutta la quantità di gas necessaria per le esperienze. Dove poi tubetto e vescica falliscono o il terreno già presenta pozze e rivoletti, le bolle di idrogeno salgono alla superficie dell'acqua e vengono convogliate in vasi di vetro capovolti. La zona è, sotto ogni rispetto, una "miniera inesaurita e ricchissima" di aria infiammabile naturale.¹⁶⁰

Prima di illustrare la composizione del gas, Spallanzani annuncia che essa è la stessa in tutti i nove fuochi visitati e diffusi fra Barigazzo e località prossime. La spiegazione è 'geologica' (e diventerà poi 'chimica'): alla molteplicità dei fuochi corrisponde infatti il medesimo fluido elastico che, nascosto nelle viscere della terra, si dirama per vie diverse ed esce appena ne trova una aperta in superficie. La costruzione dell'argomento è ben studiata, dato che consente quindi di riferirsi al solo gas prelevato nei siti più vicini alla base (che è poi l'osteria di Barigazzo, dove lo scienziato ha collocato gli apparecchi) ed evitare le variabili parassite connesse alla moltiplicazione delle singolarità inessenziali. A questo punto il racconto può passare all'analisi comparativa, che è anch'essa ridotta al solo confronto fra idrogeno naturale e metallico. Le variabili illustrate sono però quelle con cui effettivamente l'autore ha combattuto, vale a dire l'odore e soprattutto la fiamma e la detonazione all'accensione, paramtrate per colore, intensità, durata e profondità, mutevoli anche in funzione di foggia e dimensione dei contenitori, nonché della pressione esercitata nell'espulsione dalla vescica. I risultati vengono ovviamente normalizzati e all'impurezza dell'infiammabile naturale Spallanzani riconduce le sue costanti difformità di comportamento rispetto all'idrogeno metallico (fiamma più debole, minor potere calorifico, detonazione largamente inferiore, ma espansione più voluminosa). Manca lo strumento per rilevare il peso specifico (e Spallanzani lo riconosce, secondo la regola del realismo convincente) e quindi ci si ingegna – come in effetti era accaduto – con il raffronto all'aria atmosferica, che stabilisce l'idro-

158. *Ibid.*, p. 621.

159. *Ibid.*

160. *Ibid.*, p. 632.

geno naturale per più leggero di essa e più pesante dell'idrogeno metallico. Il lavoro con le miscele, che era stato estenuante, è ridotto alla combinazione con ossigeno e con aria comune e quindi alla valutazione degli effetti.

Le comparazioni preparano il passo secondo e decisivo, cioè finalmente l'analisi chimica. Le ormai consapute reazioni inferiori hanno del resto già ampiamente dimostrato l'impurezza dell'infiammabile naturale, ma poiché per Spallanzani si tratta di 'idrogeno', il punto non è *decomporre* un gas composto, bensì capire quali altre "materie straniere" siano "congiunte" a un fluido semplice.¹⁶¹ I test – racconta l'autore – sono invero ripetutamente negativi. Negativa è la prova con l'aria nitrosa: non c'è ossigeno (come si legge, per lo più, anche negli appunti). L'odore suggerisce la presenza di zolfo, ma il riscontro non appartiene alla prima estate di ricerca, che anzi proprio la esclude, non avendo osservato alcuna precipitazione sulfurea una volta acceso il gas nei vasi. Sarà nel 1795, e con questo capitolo dei *Viaggi* già composto, che Spallanzani tornerà nei luoghi, raccoglierà di nuovo le esalazioni di Barigazzo, applicherà la lente al precipitato (nella stagione precedente si era fidato dei propri occhi) e raccoglierà zolfo. L'idrogeno naturale è dunque solforato.

Negative sono dette invece tutte le prove per separare gas acido carbonico. Il ribaltamento è quindi notevole rispetto alle criticità che la battaglia coll'aria fissa aveva sedimentato negli appunti e sulle quali Spallanzani aveva tanto faticato per tutta stagione del 1790. Esso tuttavia combina con ciò che la narrazione introduce *prima* di dar conto di un tassello fondamentale per escludere la (pre) esistenza del gas, vale a dire verificare che esso si formi piuttosto nel momento dell'accensione, ovvero per contatto con l'aria atmosferica. Nell'argomentazione di Spallanzani *prima* bisogna infatti appurare il caso all'aria infiammabile delle paludi, nella quale Volta ingloba genericamente anche le esalazioni di fuochi e salse (vale a dire luoghi dove – sottolinea il biologo – non sono *mai* esistite paludi). L'urgenza del confronto è pari alla spregiudicatezza con la quale esso è gestito.

L'autore ostenta innanzi tutto lunga frequentazione di siti dove le paludi non mancano: ebbene, non poche di quelle acque sono perfettamente prive del gas. La denominazione di Volta poggia quindi su una generalizzazione indebita quanto le "azzardate congetture" che occupano la "maggior parte" della sua opera.¹⁶² L'accusa è forte e l'errore è grave. Per Spallanzani l'aria infiammabile del collega è piuttosto "gas vegetabile",¹⁶³ rinvenuto e raccolto col solito imbutto in fosse diverse, adibite a macerazione, come appunto si legge nel diario. Per odore, detonazione, fiamma e reazione positiva ai test, il metano di Volta (che nelle analisi di Spallanzani è, per quasi metà, aria fissa) viene trasfigurato nell'esatto opposto della propria aria infiammabile naturale. E a questo punto quadra che quest'ultima sia definita priva di gas acido carbonico o – come

161. *Ibid.*, p. 650.

162. *Ibid.*, p. 656.

163. *Ibid.*, p. 652.

al termine è strategicamente ammesso – ne manifesti al massimo una minima quantità e solo a seguito dell'accensione nell'eudiometro a idrogeno, mischiata a più misure d'ossigeno. Per Spallanzani, contestare Volta vale di certo la forzatura e la cosa si riproduce quando lo scienziato passa dall'analisi del gas alla disamina dell'origine delle esalazioni, che il fisico comasco riconduce a decomposizione di sostanze organiche. Il biologo smonta la tesi pezzo a pezzo, sostituendovi le proprie ipotesi, fondate invece sulle caratteristiche geologiche e mineralogiche dei luoghi.¹⁶⁴ Col senno di poi, noi sappiamo che Spallanzani sbaglia, ma si tratta di errori che ben illustrano la dimensione di polemica 'politica' inscindibilmente connessa alle scelte di metodo ed episteme dei due autori. L'alterità dei gas è insomma specchio della contrapposizione cercata e ben costruita tra Spallanzani, che non si sottrae al rischio delle esalazioni e delle vampate, e Volta, che – insinua il biologo – “troppo prevenuto [...] per queste paludi”, non si è “pigliato la pena” di impegnarsi nelle analisi.¹⁶⁵ Che il collega ritorni quindi nei luoghi – è l'esortazione – e istituisca “novelle e più sostenute indagini”.¹⁶⁶

Il racconto dell'aria infiammabile delle salse viene di conseguenza, ripercorre la strategia narrativa collaudata e muove anch'esso dall'apparizione dei fenomeni per passare poi al crescendo di interferenza su di essi. Prima infatti si testa l'infiammabilità del gas che gorgoglia nelle fanghiglie della Maina, accostando il lume alle bolle nell'istante in cui si rompono e si trasformano in globi di fuoco. L'uscita dell'esalazione, accompagnata dall'odore di idrogeno ma ancor più di petrolio, è però intermittente e tale risulta anche l'accensione, a meno di turare i fori minori e lasciare all'aria un'unica apertura. Rispetto al gas di Barigazzo, colore, fiamma e detonazione inducono subito a supporre una maggior 'impurezza' – nel significato del termine che già s'è visto. Dalla congettura per indizi esterni si passa all'analisi del fluido elastico, raccolto nelle solite vesciche e grazie ai noti imbuti immersi nell'acqua che circonda i conetti terrosi. Il gas non è solforato dato che, né in combinazione con ossigeno o acido nitroso né in accensione, lascia sedimento visibile di zolfo – e questa volta il racconto evita la riproduzione dell'“errore convincente”, rimandando subito all'osservazione armata di lente. Acceso sopra l'acqua di calce, l'idrogeno della Maina intorbida invece considerabilmente il reattivo e diminuisce di volume per circa un terzo. Contiene quindi pari quantità di gas acido carbonico, generato nell'accensione (come nel caso dell'infiammabile di Barigazzo) e presumibilmente prodotto dalla combinazione fra l'ossigeno atmosferico e il “carbone del petrolio” di cui è ricco.¹⁶⁷

Tutto si riproduce con l'idrogeno di Montegibbio, che offre l'occasione per sviluppo ulteriore della polemica contro le tesi di Volta, “cento volte ripetu-

164. Cfr. *ibid.*, in part. cap. XL.

165. *Ibid.*, p. 664. La ricostruzione di Spallanzani è ovviamente maliziosa e deformante.

166. *Ibid.*

167. *Ibid.*, p. 669.

te ne' diversi suoi Opuscoli"¹⁶⁸ e applicate alle salse senza adeguata verifica sperimentale. L'analisi mostra però in questo caso un idrogeno sicuramente "solforato" (per il residuo post accensione), "carbonico" (alla prova dell'acqua di calce nell'eudiometro ad aria infiammabile), contaminato dalla decomposizione dei solfuri di ferro (di cui la salsa abbonda) e ancora più impuro delle esalazioni raccolte alla Maina.¹⁶⁹

Spallanzani chiude con la narrazione della salsa di Querciola, la più imponente grazie ai suoi diciassette coni in attività, ma anche la più mutevole, suggestiva e prossima alla spettacolarità dei vulcani. Nel testo, lo spazio dedicato all'analisi delle esalazioni idrogene è proporzionalmente minore, dato che esse sono largamente sovrapponibili a quelle già illustrate. Per la solita intermittenza del gas, fallisce il progetto di realizzare una "fontana perenne fuoco"¹⁷⁰ e continuità di flusso si ottiene solo obbligando il fluido elastico a uscire da un'unica apertura (come aveva fatto Volta, non citato).¹⁷¹ La fiamma tuttavia non ha mai l'intensità riscontrata a Barigazzo. È infatti sufficiente un colpo d'aria per spegnerla e gli indizi fisici trovano conferma con le "chimiche prove".¹⁷²

Nei *Viaggi* la narrazione dell'avventura con l'idrogeno è dunque condotta come deve essere, cioè nel segno della normalizzazione e della semplificazione di eventi che – almeno per chi conosce il diario e per quanto è dato nel diario – ben di rado Spallanzani era riuscito a inquadrare in modo univoco. Ciò è particolarmente evidente per quanto attiene alla distinzione e all'analisi delle diverse arie infiammabili e, ancor più, per ciò che concerne presenza ed effetti dell'aria fissa e dell'azoto, con i quali tanto in laboratorio Spallanzani aveva combattuto, sbagliando, ritentando cocciutamente e proprio nell'azoto riconoscendo infine la variabile più insidiosa, di cui invece nel racconto quasi non si fa parola. Costruire fatti e regole, rendendo trasparenti (o proprio invisibili) le deviazioni dell'inesperienza e la tortuosità dei percorsi, è del resto ciò che conviene alla buona scrittura scientifica di cui l'autore è maestro.

La scelta per analisi in loco, specificata nei *Viaggi*, non escluderà invero il trasporto di alcuni campioni. Spallanzani conserverà infatti con molta cura proprio quelli provenienti da Barigazzo e da Montegibbio e, messe infine da parte le problematiche vesciche, i gas saranno chiusi con acqua in boccette sigillate dal tappo smerigliato e capovolte in vasi parimenti con acqua, così da evitare sia lo svaporamento sia la penetrazione dell'aria esterna. I fluidi elastici vi restano per ben nove anni, cioè sino al 9 novembre 1797 quando il biologo le riprende e ne apre tre: una con idrogeno della salsa e due con idrogeno dei fuochi.¹⁷³ È subito evidente che il livello dell'acqua nei vasetti non è calato e quindi non

168. *Ibid.*, p. 677.

169. *Ibid.*

170. *Ibid.*, p. 686.

171. Volta, *Memoria sopra i fuochi*, cit., p. 114.

172. Spallanzani, *Viaggi*, cit., vol. II, p. 687.

173. Il protocollo è edito in Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso" e le "arie"* [2017-2019], a cura di Maria Teresa Monti, in *Edizione*, cit., Parte VI, vol. II, t. II, pp. 712-713.

si è data alcuna penetrazione di aria esteriore. Sott'acqua, viene tolto il tappo e il liquido della boccetta che contiene l'infiammabile di Montegibbio sale in modo ben visibile e quantificabile (segno certo di assorbimento). Il fluido elastico diminuisce in modo corrispondente, dà fiamma assai debole al cerino e non provoca alcuna detonazione: il gas è molto "pregiudicato"¹⁷⁴ – conclude il biologo, che non azzarda altro. Decisamente meglio si porta invece l'aria dei fuochi di Barigazzo, che diminuisce anch'essa per il poco che "appartiene all'impurità".¹⁷⁵ La nota del diario non dice di più e l'ambiguità è sciolta (in parte) il giorno successivo, quando lo scienziato ne scrive a Senebier, che mesi prima aveva chiesto lumi circa l'eventuale assorbimento dell'idrogeno da parte dell'acqua.¹⁷⁶ Nella lettera, infatti, il biologo è più esplicito e riferisce il calo alla maggior presenza di gas acido carbonico (idrosolubile), ma è certo che anche l'idrogeno subisce un'alterazione, provata da detonazione e fiamma indebolite persino col gas proveniente dai fuochi. Nell'appunto, invece, l'autore rimarca solo la connessione fra assorbimento e purezza del fluido elastico. In quell'occasione non ha certo necessità di avanzare le ipotesi proposte a Senebier circa la natura, costante o contingente, del rapporto e quindi non commenta oltre l'osservazione. La nota appartiene del resto a un diario dedicato a un'inchiesta tutt'altra, cioè un'indagine biologica e biochimica che ci costringe di nuovo a risalire ad occasioni diverse e a fasi più remote nella scienza dell'autore.

174. *Ibid.*, p. 713.

175. *Ibid.*

176. Cfr. Senebier a Spallanzani, 14 giugno 1797 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 387). Spallanzani aveva risposto il 28 luglio 1797, ammettendo candidamente di "non aver fatta questa osservazione" (*ibid.*, p. 392). La lettera partirà solo dopo il rientro a Pavia, dove appunto sono conservati i campioni. Cfr. Spallanzani a Senebier, 10 novembre 1797 (*ibid.*, pp. 402-403).

IV. L'AZOTO "CRESCIUTO"

IV.1. La respirazione e non solo

A metà degli anni Settanta Spallanzani aveva concluso un'avventura non particolarmente entusiasmante con la chimica pre-lavoisieriana della respirazione.¹ A seguire, Senebier aveva tentato di coinvolgerlo in una discussione sulle cause della morte da confinamento, intorno alle quali stava infatti lavorando per la sua opera d'esordio naturalistico.² Il corrispondente di Ginevra aveva insistito non poco perché il biologo si esprimesse in modo esplicito circa la natura "flogistico-putrida"³ dell'effluvio espirato, ma Spallanzani si era sottratto con fastidio a ogni pronunciamento, riconoscendo l'insufficienza delle proprie competenze di chimica. Aveva rilanciato chiedendo piuttosto all'interlocutore un'analisi rigorosa dei gas e in effetti, nel prosieguo del carteggio, Senebier si era detto ben intenzionato a esaminare i vapori mefitici. Lo scienziato italiano aveva però chiuso la partita definendo il flogisto "Proteo della natura, paragonabile alla materia sottile del Cartesio",⁴ con un'espressione che precorreva singolarmente quella lavoisieriana. Non possedendo al momento alternative disponibili, non riteneva che la chimica avesse raggiunto standard di metodo ed episteme convenienti al proprio ideale di scienza, e quindi se ne disinteressava.

Di poco successivi sono in verità alcuni appunti datati fra il 22 marzo e il 9 maggio 1782 e mirati agli effetti della respirazione impedita (per legatura, ma soprattutto sommersione) in varie specie animali.⁵ Insoddisfatto dalle

1. Cfr. Monti, *Storie di animali*, cit., pp. 65-99.

2. Per i dettagli di questo episodio, che si colloca proprio all'inizio della corrispondenza fra i due autori, cfr. *ibid.*, pp. 96-99.

3. Senebier, *Mémoire sur le phlogistique, considéré comme la cause du développement, de la vie et de la destruction de tous les êtres dans les trois règnes*, "Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts", 1776, VIII, p. 32.

4. Spallanzani a Senebier, 10 febbraio 1777 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 41).

5. Cfr. Spallanzani, *Storia naturale del mare. I viaggi a Genova 1780, Marsiglia 1781, Portovenere 1783, Genova 1785* [2004], a cura di Paola Manzini e Paolo Tongiorgi, in *Edizione*, cit., Parte V, vol. II, pp. 49-53.

manovre praticate e incerto sull'effettiva fatalità dell'"aria vecchia"⁶ rimasta nei polmoni, Spallanzani aveva chiesto lumi a Scopoli, all'epoca titolare della cattedra pavese di chimica e botanica. Il collega – si legge negli appunti – aveva chiamato in causa l'acqua, "resa infetta per essersi impregnata del flogisto uscito dagli animali" e, per prolungare la loro sopravvivenza, aveva proposto l'uso di "acqua purgata con aria deflogisticata".⁷ Spallanzani si era entusiasmato all'idea ("l'esperimento merita assolutamente d'esser fatto, che mi sembra troppo bello") e aveva candidamente tradotto l'indicazione generica di Scopoli nella sommersione degli animali in "acqua corrente".⁸ Si era quindi ripromesso di leggere "tutto quanto" fosse stato scritto "su le arie e acque flogistiche, e deflogistiche",⁹ ma non aveva dato corso al programma.

L'argomento della respirazione sarà ripreso davvero, e "in grande",¹⁰ solo parecchi anni più tardi: anni – come si sa – di rivoluzione per la chimica in generale e di mutamenti drammatici per la chimica pneumatica in particolare. Il biologo dunque non partecipa alla bufera mentre essa travolge le teorie classiche e solo nel 1795 torna a studiare l'"aria respirata". Conoscendo non moltissimo delle novità francesi, Spallanzani chiude però il secolo con ben diverse novità, dalle quali sarà egli stesso travolto. Nessun'altra sua inchiesta, al pari di questa seconda sulla respirazione, risulta infatti concentrata in un lasso di tempo così breve (6 gennaio 1795-4 febbraio 1799) e per una produzione così imponente di note, riassunti e prove di narrazione.¹¹ In nessun altro caso i risultati conseguiti saranno tanto oltre il livello raggiunto dalla comunità intellettuale coeva e tanto intricati da bloccare (molto più della morte) la compilazione e la pubblicazione del grande trattato promesso.

Spallanzani avanza infatti la sede della funzione respiratoria dai polmoni alla cute dell'animale vivo, dall'animale morto all'organo espantato, dal pezzo intatto alla parte cotta o trattata, dal tessuto integro alle fibre in decomposizione. In tal modo si ritrova lavoisieriano e post-lavoisieriano, ma anche alle prese con dati riottosi a ogni regolarità di legge. La scoperta della respirazione tissutale proietta infatti la sua fisiologia nella biochimica di un corpo disorganizzato, dove la respirazione, tradizionalmente legata alla vita e a una struttura anatomica specifica, perde l'uno e l'altro riferimento, proseguendo oltre la vita e largamente oltre l'organizzazione del corpo.

6. *Ibid.*, p. 50.

7. *Ibid.*, p. 53. Su Scopoli cfr. Ferdinando Abbri, *Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G.A. Scopoli e la "Chimie Nouvelle"*, "Archivio di Storia della Cultura", 1991, IV, pp. 75-92.

8. Spallanzani, *Storia naturale del mare*, cit., p. 53.

9. *Ibid.*

10. Spallanzani a Senebier, 9 luglio 1795 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 364). L'espressione compare ripetutamente nel carteggio con Senebier e sarà in effetti la cifra che connota ogni aspetto della seconda e ultima inchiesta sulla respirazione (per la quale cfr. Monti, *Storie di animali*, cit., pp. 131 e sgg).

11. I manoscritti sono editi in Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit.

Questa seconda indagine sulla respirazione nasce da un tronco principale rappresentato dagli studi sui pipistrelli e sul letargo, che impegnano lo scienziato fra il 1793 e il 1794.¹² Dai primi di gennaio dell'anno successivo il diario di laboratorio inizia infatti a ospitare protocolli sul confinamento degli animali letargici per verificare il blocco della funzione respiratoria. In tale condizione gli specimina sembrano non corrompere l'"aria chiusa" (cioè quella, atmosferica o mefitica, in cui vengono confinati) e dunque escludono da vivi un moto vitale per eccellenza. La situazione è intrigante e, dopo neppure un mese, l'attività ferve principalmente sui casi della respirazione, già collaterali rispetto alla ricerca originaria.

In questo turno di tempo, per la verità, con Senebier si discute soprattutto d'altro, 'altro' che di nuovo indica un'attenzione ben viva al dibattito chimico contemporaneo. Il 7 gennaio 1795 una lettera da Ginevra richiama infatti le esperienze del gruppo di Deiman e Senebier ricorda di aver già inviato un lungo estratto dell'articolo comparso sugli "Annalen" di Crell, inaccessibili a chi non legge il tedesco.¹³ L'amico svizzero, per la verità, cita genericamente "alcuni fisici olandesi" – tanto dà per scontata la disinformazione del biologo – ma resta sorpreso che la cosa non abbia suscitato nell'amico alcuna reazione. Eppure essa è certo d'interesse per le ricerche vulcanologiche di Spallanzani. In effetti, la nota lacunosità del carteggio non consente di ricostruire con precisione tempi e modi dello scambio. Nelle lettere immediatamente successive non sono comunque conservate risposte dall'Italia e altro prende Senebier.

Il corrispondente ginevrino ha infatti letto di volo il capitolo sui fuochi di Barigazzo contenuto nel volume dei *Viaggi* appena uscito e – se dobbiamo credere alla sua del 10 gennaio¹⁴ – la lettura lo ha catturato al punto che, in meno di ventiquattro ore, prende la penna, scrive a Pavia, commenta le comparazioni fra gli 'idrogeni', si lancia in ipotesi circa la loro diversa composizione e propone finanche nuove esperienze. L'assenza d'azoto, per esempio, a suo avviso non è stata "ben provata":¹⁵ si sarebbe dovuto testare se l'idrogeno dei fuochi non formi ammoniaca, ovvero non faccia virare al neutro la cartina di tornasole, segni entrambi della presenza di quel gas. Senebier, che ignora quale rompicapo sia stato l'azoto per Spallanzani, si muove dunque sul terreno che potrebbe risultare per l'amico più irritante, rammentandogli i limiti che hanno segnato la sua prima avventura con la chimica pneumatica. Quell'appunto specifico, tuttavia, non sembra avere effetti d'importanza.

Spallanzani riceve infine le ultime tre lettere dalla Svizzera, promette genericamente di non lasciar inapplicate le riflessioni sui gas dei fuochi, ma altro ha toccato le corde giuste della sua frenesia sperimentale. Lo scienziato preme

12. Cfr. Spallanzani, *I giornali delle sperienze e osservazioni*, a cura di Carlo Castellani, Giunti, Firenze, 1994, vol. III: *Il giornale dei pipistrelli*; vol. V, t. I: *I giornali della respirazione*.

13. Senebier a Spallanzani, 7 gennaio 1795 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 335).

14. Senebier a Spallanzani, 10 gennaio 1795 (*ibid.*, pp. 336-337).

15. Senebier a Spallanzani, 14 gennaio 1795 (*ibid.*, p. 339).

perché Senebier ricerchi e sblocchi le missive che non gli sono mai giunte. Desidera infatti “sommamente”¹⁶ recuperare proprio quella sulle accensioni in condizioni impossibili secondo la nuova chimica. In effetti, non può averne altra notizia, date le turbolenze politico-militari che agitano gli stati italiani e impediscono l’arrivo delle pubblicazioni scientifiche. In meno di due settimane, un nuovo riassunto dei fatti olandesi arriva da Ginevra.¹⁷

Spallanzani converge sull’interpretazione che suppone acqua nelle sostanze in gioco, interpretazione avanzata dagli autori tedeschi che di sicuro non conosce e non ha letto. La miscela potrebbe avere “dell’umido acquoso”, che si decompone nell’effervescenza.¹⁸ Senebier lo esclude: nel caso del rame, il metallo dovrebbe proprio impedire la scomposizione dell’acqua e in quello del ferro la cosa richiede l’incandescenza. I lavoisieriani francesi – si nota a Ginevra – distinguono inoltre fra quelle “accensioni senz’aria”¹⁹ e la vera combustione, che non è solo sviluppo di calorico, ma è soprattutto ossidazione (o formazione di acido), ciò che qui invece non si verifica. Vero è che una mera comunicazione di calorico dovrebbe attraversare il miscuglio senza produrvi tutti quei cambiamenti che invece si osservano e la cui natura è però, secondo Senebier, ancora tutta da provare. Un mese dopo, Spallanzani informa che nel laboratorio chimico pavese le esperienze olandesi stanno per essere ripetute. “Ve ne comunicherò poi i risultati” – scrive il 3 aprile 1795,²⁰ anche se in realtà, da almeno un mese, l’inchiesta sulla respirazione lo impegna a tempo pieno. È tuttavia un fatto ancora diverso, già più volte accaduto e non notato, che il 1° aprile devia la sua attenzione e gli impone “un po’ di analisi”.²¹ Fatto diverso, ma per tipologia di problematicità non remotissimo dalle combustioni ‘impossibili’.

IV.2. L’azoto “cresciuto”

Spallanzani asporta i polmoni a cinque rane, le confina nel noto tinozzo ed ecco che, dopo la morte delle bestiole, il livello dell’acqua non resta alla stessa altezza – come lo scienziato si aspetta – ma scende. Di lì a poco verifica che il corpo assorbe aria vitale anche dopo la morte e la frammentazione, ma pure in tal caso il liquido stranamente cala. Se l’acqua è schiacciata verso il basso, nella capacità del vaso deve essersi introdotto nuovo gas e poiché l’aria fissa è idrosolubile, può verosimilmente trattarsi di azoto. La cosa si ripete in un altro contenitore con cinque rane intatte e in parte ancora vive. La produzione di azoto da parte di carcasse più o meno in decomposizione non pone infatti problemi

16. Spallanzani a Senebier, 23 gennaio 1795 (*ibid.*, p. 340).

17. Senebier a Spallanzani, 4 febbraio 1795 (*ibid.*, p. 343).

18. Spallanzani a Senebier, 18 febbraio 1795 (*ibid.*, p. 346).

19. Senebier a Spallanzani, 4 marzo 1795 (*ibid.*, p. 353).

20. Spallanzani a Senebier, 3 aprile 1795 (*ibid.*, p. 357).

21. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 111.

insormontabili, ma nel caso degli animali in vita la criticità è preoccupante: in essi la combustione respiratoria dovrebbe comportare solo – per quello che ha stabilito la *chimie nouvelle* – assorbimento di ossigeno e produzione di gas acido carbonico.

Tuttavia, perché le variazioni del livello dell'acqua risultino significative, è necessario che la temperatura dell'ambiente sia costante, cioè non agisca modificando essa stessa il volume del gas e negli ultimi giorni – osserva il biologo – il caldo è aumentato. Un vasetto con acqua sovrastata da aria, con un filo che marca il confine fra i due elementi, è allestito per togliere quello che “non può essere che uno scrupolo”.²² Le osservazioni del 2 e del 3 aprile mettono infatti fuori gioco la variabile della temperatura, che incide poco o nulla. La bizzarria sembra però rientrare. Mutilate o integre che siano, “resta sempre più provato” che solo dopo la morte “nuov'aria” entra nel contenitore ed è azoto, dato che il gas non viene assorbito dall'acqua.²³

In vasi capovolti nel liquido Spallanzani confina vive tre tipologie di rane (intatte, depolmonate e completamente esenterate). Alla normale salita del livello – gli animali respirano e assorbono ossigeno – segue post mortem la discesa, “sicuramente”²⁴ dovuta alla produzione di gas acido carbonico e di azoto. Lo scienziato si prende qualche giorno, lascia nei contenitori i campioni dei gas e il 9 aprile osserva che il fenomeno è diminuito, perché l'acqua ha assorbito l'aria fissa, ma persiste. Il gas “cresciuto”²⁵ non tinge di rosso l'eliotropio (non c'è gas acido carbonico) e spegne la fiamma (non c'è più aria vitale). Il test che esclude la presenza di ossigeno è dunque grossolano, ma il biologo al momento non se ne preoccupa.

Lo sguardo si affina e quantifica la discesa (o la diminuzione dell'ascesa) del liquido nel contenitore grazie al filo che segna il livello di partenza, ma i vasi non sono graduati e quindi la variazione non dà la percentuale del gas prodotto. Torna inoltre l'incertezza circa la condizione in cui gli animali confinati producono azoto. “Erano vivi, e sono morti” – si legge frequentemente nel diario e la vaghezza dell'espressione corrisponde all'impossibilità di stabilire il momento esatto dello scambio gassoso. Il 23 aprile – annota Spallanzani – il livello cala “sensibilmente”²⁶ prima della morte di un “mild”, cioè la biscia d'acqua (il biacco) particolarmente utilizzata per questa inchiesta. Lo scienziato ha appena il tempo di notare che l'osservazione è frequente, ma che il fenomeno è molto maggiore con gli animali morti, ed ecco che la biscia, posta in aria libera, si muove decisamente (non era quindi affatto morta). Un pipistrello, che invece lo è di certo, non determina alcun calo. La situazione è confusa e l'avverbio “sicuramente”, che – come s'è visto – il 9 aprile è

22. *Ibid.*, p. 112.

23. *Ibid.*, p. 114.

24. *Ibid.*, p. 116.

25. *Ibid.*

26. *Ibid.*, p. 122.

stato applicato alla produzione di azoto, due settimane dopo si trova riferito invece all'aria fissa sprigionata da certe salamandre morte (e non assorbita dal mercurio).²⁷ Il 26 aprile la situazione sembra tornare sotto controllo: il metallo liquido si abbassa nel caso di salamandre mutilate e morte, di contro a quello delle loro compagne intatte e vive che resta stabile, compensando consumo d'ossigeno, generazione di gas acido carbonico e nessuna produzione d'azoto. Contestualmente l'eudiometro, che è in funzione da qualche giorno, calcola la percentuale d'azoto presente nell'aria dove è morta l'ennesima biscia d'acqua e rivela un inquietante 90,5% che Spallanzani registra e non commenta.

Come s'è visto, la possibilità di un aumento dell'azoto durante la respirazione era stata collegata al nome di Jurine e Spallanzani ne ha notizia dall'opera dell'amico Giobert, dove legge di esperienze definite "luminose, ed esatte", che dimostrano la cosa "con evidenza".²⁸ Lo scienziato compulsa le "Annales" lavoisieriane e, non trovandone traccia, ne chiede subito notizia a Senebier.²⁹ Quest'ultimo non si sottrae al consueto servizio di informazione, ma contesta i risultati del compatriota, di cui ha ben poca stima, e lo fa sulla scorta di proprie analisi eudiometriche eseguite con l'apparecchio ad aria nitrosa.³⁰ Jurine ha probabilmente usato lo strumento con scarsa avvertenza – osserva Senebier – e proprio dall'aria nitrosa potrebbe venire il problematico azoto in sovrappiù. Invero, né Senebier né Spallanzani hanno possibilità di accedere alla memoria del medico svizzero, che sarà pubblicata solo due anni dopo.³¹ Il biologo, in particolare, molto probabilmente non leggerà mai il saggio e, seguendo un'indicazione bibliografica ottenuta più tardi da Giobert,³² utilizzerà piuttosto il citato articolo "Air" dell'*Encyclopédie méthodique*.³³ La produzione di azoto, che diventerà problema ossessivo nel prosieguo dell'inchiesta, è per il momento accantonata.

IV.3. Strumenti

A partire dalla seconda metà del mese d'aprile, al citato tinozzo si associano dispositivi che lo scienziato in realtà conosce, ma che in quest'indagine erano

27. Cfr. *ibid.*, p. 123. Spallanzani di certo sa benissimo che il gas acido carbonico non viene assorbito dal mercurio, ma nota la variabile ulteriore solo qualche giorno dopo di aver sostituito il metallo liquido all'acqua.

28. Giobert, *Des eaux sulfureuses*, cit., p. 61.

29. Spallanzani a Senebier, 3 aprile 1795 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 357).

30. Senebier a Spallanzani, 22 aprile 1795 (*ibid.*, p. 359).

31. Come s'è visto – cfr. *supra*, p. 29 – in quel momento il saggio di Jurine (*Mémoire sur la question suivante*, cit.), è in attesa di essere pubblicato.

32. Giobert a Spallanzani, 9 maggio 1796 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. V, p. 84).

33. Cfr., per es., il riferimento contenuto in Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. II, p. 441.

restati sin lì stranamente inoperosi. È però da escludere che Spallanzani già possa seguire la raccomandazione di Lavoisier per apparecchi di varie dimensioni e collocati in punti diversi del laboratorio. Sappiamo invece (perché lo scienziato ne scrive a Senebier)³⁴ che già ai primi del mese è a disposizione la "vaschetta" dello strumento pneumatico a mercurio, con il quale il biologo è ansioso di verificare i risultati delle indagini sulla respirazione. Tuttavia solo il 15 aprile l'autore annota nel diario di aver "finalmente" iniziato a utilizzare il dispositivo che sostituisce il metallo liquido all'acqua.³⁵ Nel medesimo turno di tempo è invece ancora sprovvisto dell'eudiometro a fosforo e solo tra la fine di maggio e i primi del mese successivo compaiono nel diario il test ad aria nitrosa e l'eudiometro "di Fontana".³⁶

Una volta ottenuto, lo strumento a fosforo resterà comunque il prediletto. Tale preferenza si lega molto probabilmente all'occasione, invero non più recentissima, dalla quale è originato l'interesse di Spallanzani per la chimica. L'*imprinting* è infatti quello dei viaggi vulcanologici, dove la ricerca in campo e la lontananza dal laboratorio pavese avevano di sicuro richiesto dispositivi portatili, indispensabili per operazioni da compiersi più prontamente e meglio in situ. E per definizione portatile è certo l'apparecchio a fosforo. Non è chiaro però quando esattamente lo scienziato abbia iniziato a usarlo per analizzare i gas espirati. Nell'appunto del 18 aprile il biologo rinvia ad "altra occasione" l'esame dell'aria dei quattro contenitori in cui sono morte altrettante bisce d'acqua, ripromettendosi di farlo appunto con l'eudiometro di Giobert,³⁷ che, da quanto si legge negli appunti, sarà per la prima volta operativo il 23 aprile.

L'aria (già conservata sopra l'acqua) in cui è morto un biacco è trasfusa nell'apparecchio per calcolare la quantità d'ossigeno assorbita nel processo respiratorio. Ciò è infatti impossibile con i vasi chiusi non graduati e che usano il mercurio: i primi infatti non consentono un calcolo percentuale e, per parte sua, il metallo liquido non assorbe l'aria fissa prodotta. Tra la fine di aprile e quella del mese successivo nel laboratorio di Spallanzani sono dunque in funzione almeno tre dispositivi a fosforo (corrispondenti alle tipologie di animali comparativamente sperimentate). Eppure in un'occasione il biologo lamenta di non avere ancora un "esatto eudiometro" che garantisca risultati precisi.³⁸ A ciò si aggiunge l'inesperienza della mano, che non sempre riesce a impedire la contaminazione con aria comune allorché nell'ap-

34. Spallanzani a Senebier, 3 aprile 1795 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 358).

35. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 119.

36. Nell'appunto del 29 maggio 1795 è citato per la prima volta il test ad aria nitrosa (*ibid.*, p. 141) e, sempre per la prima volta, il 3 giugno è nominato l'eudiometro "di Fontana" (*ibid.*, p. 144). Quest'ultimo affianca invero lo strumento di Giobert, ma né l'uno né l'altro indicano presenza di ossigeno in un campione dove essa è rivelata dal test ben più grossolano della "candeletta accesa" (*ibid.*).

37. *Ibid.*, p. 120.

38. *Ibid.*, p. 126.

parecchio l'acqua è sostituita dall'acqua di calce che deve assorbire il gas acido carbonico.

Comunque siano andate le cose, lo strumento di Giobert è certamente in funzione nel mese di giugno, quando Spallanzani ne sta progettando (o forse ha già allestito) una variante interessante, nella quale s'intrecciano le esigenze delle analisi in corso e il programma di nuove escursioni estive. Il biologo deve in effetti aver riflettuto a lungo sulla descrizione dello strumento quale si trova nell'opera del collega piemontese e infatti la sua copia del libro, a tutt'oggi conservata, reca segni a margine proprio nelle pagine dedicate alla descrizione dell'eudiometro.³⁹ Ne abbia o non ne abbia avuto per le mani l'unico disegno (quello fornito da Vassalli Eandi), Spallanzani decide infine per una doppia modifica. Toglie innanzi tutto l'ingombrante sostegno di legno, lo sostituisce con un supporto metallico più snello e fa incidere la scala graduata direttamente sul tubo di vetro. Perde in tal modo la tavola delle proporzioni fra temperatura e volume del gas, ma acquista in maneggevolezza e portabilità dell'apparecchio, fattori decisivi quando si vuole "portarlo con noi viaggiando" – come scriverà post festum nel suo *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling*.⁴⁰ Questa prima semplificazione non riguarda perciò in maniera specifica la ricerca in corso. Ciò succede invece con una seconda variante, decisamente più raffinata e tecnica, che appare manifesta tra le diverse illustrazioni del dispositivo. La modifica è infatti evidente confrontando la *descrizione* (che la prevede) e due *disegni* differenti, dove essa appare in un unico caso. Sia nel saggio maggiore sia in un breve articolo, che riprende alla lettera la sola narrazione dello strumento, Spallanzani definisce infatti l'estremità inferiore del tubo eudiometrico (quella immersa nell'acqua) come "fatta a imbuto" per facilitare l'immissione dell'aria.⁴¹ Ma solo la tavola che correda l'articolo raffigura in modo coerente il dettaglio, che non compare nell'illustrazione del *Chimico esame*, per altro la più nota. Troppo grossolani, perché l'"imbuto" sia visibile, sono invece gli schizzi che corredano una bozza manoscritta, nella quale i riferimenti all'"imbuto" sono dapprima previsti nella descrizione dello strumento e poi cassati dalla mano dell'autore.⁴²

39. Cfr. l'esemplare appartenuto a Spallanzani e oggi conservato alla Biblioteca Panizzi di Reggio Emilia in 16.D.94 (pp. 65; 270).

40. Spallanzani, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo chimico* [1796], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, p. 161.

41. Cfr. *ibid.* e Spallanzani, *Descrizione e uso dell'eudiometro del Sig. Giobert tratto dal Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling del cit. Lazzaro Spallanzani*, "Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti", 1796, XIX, p. 354.

42. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, pp. 335-336.



Fig. 20 – Ricostruzione dell'eudiometro di Giobert (a sinistra) e della versione realizzata da Spallanzani (a destra). I dispositivi sono stati riprodotti da R. Lodesani, I. Tegoni e E. Bondavalli in occasione della mostra "Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel tardo '700. Strumenti e misure della chimica pneumatica" (Scandiano, 1998). L'immagine è tratta dal catalogo edito a cura di Fabrizia Capuano e Bruno Cavalchi (Scandiano, Casa Spallanzani, 1998, p. 71)

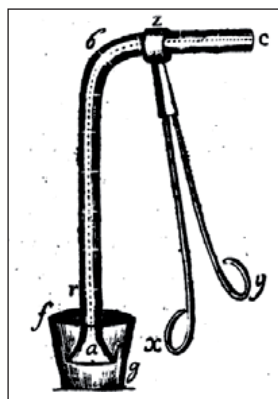


Fig. 22 – Lazzaro Spallanzani, *Descrizione e uso dell'eudiometro del Sig. Giobert tratto dal Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gotling del cit. Lazzaro Spallanzani, "Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti", 1796, XIX, pp. 352-360, tav. n.n.*

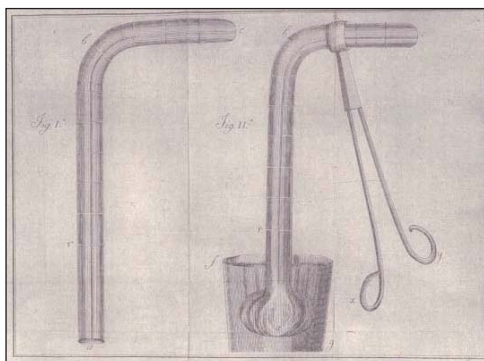


Fig. 21 – Lazzaro Spallanzani, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gotting professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo chimico, in Edizione Nazionale delle Opere, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte IV, vol. VII, p. 162*

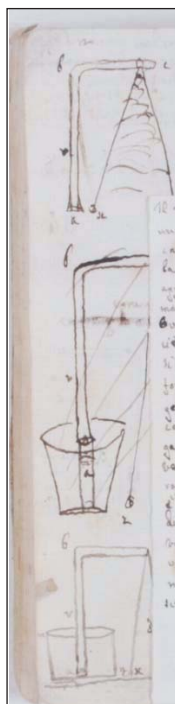


Fig. 23 – Lazzaro Spallanzani, *Opuscolo sopra la luce del fosforo in diverse arie, in I manoscritti sul "chiuso" e le "arie", a cura di Maria Teresa Monti, in Edizione Nazionale delle Opere, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte VI, vol. II, t. I, p. 337*

IV.4. Computi

Sui casi dell'azoto "cresciuto", la disponibilità (o meno) dell'eudiometro a fosforo non incide più di tanto – almeno sino a che Spallanzani non sente la necessità di quantificare percentualmente il sovrappiù che si produce. Dal 12 maggio 1795 le cose cambiano però in maniera radicale. Avendo "ottimamente" graduato "più eudiometri", Spallanzani si sente in grado di fare "con sicurezza" il punto delle esperienze.⁴³ Il campione gassoso da analizzare viene dal confinamento di lombrichi che parevano morti (e non lo erano) e che avevano indotto un leggero abbassamento del mercurio. Lo scienziato riempie in primis l'eudiometro con acqua di calce e con essa elimina il gas acido carbonico, che risulta pari a 5,5 parti centesime. Quindi passa a calcolare l'ossigeno residuo, innescando combustioni ripetute del fosforo e avendo ben presenti le sei o sette parti percentuali che il minerale non è in grado di assorbire e che perciò vanno sommate a quelle tolte dal reattivo. L'ossigeno rimasto risulta né più né meno che il 9,5% del volume gassoso. La conclusione è inevitabile: il restante sarà azoto per 85 parti su 100. Ponendo grossolanamente la componente azotica pari all'80% dell'aria atmosferica, la cifra non quadra. Spallanzani torna con la memoria all'abbassamento del mercurio notato durante l'agonia dei lombrichi: ecco probabilmente il momento in cui i vermi hanno prodotto quel 5% in sovrappiù.

Nel prosieguo, animali di specie diverse accrescono l'azoto, lo fanno sicuramente da vivi nell'atto della respirazione e di ciò si ha "convincente prova"⁴⁴ – scrive infine Spallanzani, che nei giorni precedenti aveva visto calare il livello, ma non aveva del tutto escluso inganni e abbagli. La discesa è dunque reale, ma non è né costante né univoca. Il 15 maggio il biologo annota infatti che essa non porta necessariamente con sé "sviluppo di gaz azoto, o di altro gaz come credeva",⁴⁵ e potrebbe nascere da qualsiasi impreveduta contingenza: dal corpo dell'animale (che si gonfia, occupa maggior volume e quindi fa scendere il mercurio) o dall'aria eventualmente preesistente nei polmoni ed espirata nel confinamento. La produzione d'azoto è dunque vera, ma "accidentale" e non necessariamente endogena.⁴⁶

Il caso di lombrichi fatti a pezzi minuti e confinati per un giorno intero sul metallo liquido sembra però stringere lo scienziato nell'angolo. Assorbite con l'eudiometro le due parti di ossigeno superstiti, messo l'apparecchio nell'acqua di calce (con ogni cautela per evitare l'entrata di altro gas), l'acqua cala ancora per oltre il 2%. "Non so come" – si legge nel diario.⁴⁷ Spallanzani sta insomma facendo di tutto per non cedere all'inesplicabile, che minaccia sia di incrinare seriamente un elemento fondamentale della nuova chimica, sia di deviare la sua attenzione dal punto

43. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 127.

44. *Ibid.*, p. 129.

45. *Ibid.*, p. 130

46. *Ibid.*

47. *Ibid.*, p. 132.

centrale dell'indagine in corso, vale a dire il consumo d'ossigeno e la produzione di gas acido carbonico anche negli animali depolmonati e variamente mutilati. Il 21 maggio lo scienziato cede e ammette la natura azotica del sovrappiù, che adesso è notevole nel caso dei consaputi lombrichi e apprezzabile in certe rane intatte, ma è nullo, per il momento, nelle esenterate e si capovolge addirittura in diminuzione in alcuni anfibî senza polmoni.

Il computo del gas è per di più ingarbugliato dal fatto che lo scienziato – per quanto strano ciò possa apparire – non ha le idee chiarissime sulla percentuale in cui l'azoto è presente nell'aria atmosferica ("essendo l'azoto ordinario 73" – si legge infatti nel diario).⁴⁸ Ed è su tale cifra, sbagliata per difetto, che viene presumibilmente calcolata la variazione: 10 gradi in più nel caso delle rane intatte, 16 ("che è moltissimo") con i lombrichi sminuzzati, "quasi niente" nelle rane private delle interiora, ma 7% in meno nelle compagne senza polmoni.⁴⁹

Il 9 giugno bisce d'acqua vengono finalmente confinate in puro ossigeno, ottenuto per riduzione della calce mercuriale. Dopo la loro morte, Spallanzani asporta con acqua di calce l'aria fissa e libera il campione da ogni rimanenza di ossigeno. A tal fine, il biologo usa prima il fosforo e di seguito anche l'aria nitrosa, pur dichiarando a Senebier "di molto preferibile" l'eudiometro di Giobert, che dà "con precisione" le quantità di tutti i fluidi elastici presenti.⁵⁰ Il gas residuo non sostiene la fiamma del cerino e quindi, dato che nell'attuale situazione sperimentale non c'è l'impaccio dell'azoto atmosferico, può trattarsi solo di azoto prodotto. Si torna però all'aria comune in cui sono morte dieci salamandre mutilate dei polmoni. Fosforo e gas nitroso fanno il loro lavoro e lo scienziato conclude per un assorbimento d'ossigeno fra le 15 e le 16 parti percentuali. Asporta con acqua di calce 5 centesimi di aria fissa (che – si ammette – sarebbe risultata di più, se l'esperimento fosse stato condotto sul mercurio) e alla fine verifica che il livello dell'acqua nello strumento è salito sino al grado nono dell'apparecchio. Per semplicità (e supponendo dunque una minima perdita di gas acido carbonico), considera però che l'ascesa sia avvenuta fino alla decima parte centesima. Il gas residuo (sicuramente azotico, dati i test) è dunque pari al 90%, quando l'azoto – e Spallanzani corregge qui l'errore precedente – costituisce di norma il 79% dell'aria comune. C'è dunque un 11% in più, prodotto dalle salamandre. Qualche giorno più tardi, e per scrupolo di maggior esattezza, lo scienziato prevede un doppio passaggio del gas attraverso l'acqua di calce e riflette sui (pochi) gradi in tal modo ulteriormente asportati. Essi vanno dunque aggiunti ai valori del gas acido carbonico ottenuti in precedenza, ma la situazione non cambia.

48. *Ibid.*, p. 133.

49. *Ibid.*

50. Spallanzani a Senebier, 9 luglio 1795 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 364). Senebier in realtà non conosce lo strumento di Giobert e usa l'apparecchio ad aria nitrosa di Fontana, del quale ammette la modesta imprecisione (cfr. Senebier a Spallanzani, 19 giugno 1795 – *ibid.*, p. 361). Potrebbe essere questo il motivo per cui con il corrispondente di Ginevra il biologo insiste oltre misura sui pregi del dispositivo piemontese.

IV.5. L'incontro con Götting

È a questo punto (13 giugno 1795) che nel giornale di laboratorio compare il nome di Götting.⁵¹ Le recenti bizzarrie dell'azoto nell'animale vivo confliggono infatti in modo non più negabile con la teoria francese, che lo considera gas inefficace per la combustione e quindi inerte al passaggio nei polmoni, dove avviene appunto una combustione lenta a opera dell'ossigeno. Alla prova di ciò che, al momento, inquieta Spallanzani, la nuova chimica non dà quindi risposte soddisfacenti. Da un momento di sconcerto nasce l'idea di confrontarsi con uno scienziato di cui è giunta larga notizia anche in Italia (e pure fra i non addetti ai lavori), un professionista che dell'azoto ha fatto il soggetto centrale e visibilissimo della sua recente monografia. Sulla scorta di una teoria chimica complicata (che di sicuro a Spallanzani non interessa), Götting elabora in effetti una dottrina pneumatica assai intrigante, ma soprattutto un apparato sperimentale tutt'altro che disprezzabile: “una numerosa mano di luminosi esperimenti” – scriverà il biologo post festum⁵² – cioè il combustibile ideale perché in Spallanzani scatti la scintilla che innesca una nuova stagione di ricerca.

Più o meno contemporanea all'inizio delle esperienze sui gas, è dunque la lettura *la plume à la main* del *Beytrag* di Götting. Il biologo in realtà non conosce il tedesco e non sappiamo esattamente quale sia stata la fonte della sua informazione. Probabilmente non si tratta però del lungo estratto appena pubblicato da Amoretti. O non solo di quello. Il riassunto steso dallo scienziato cita infatti una paginazione che non è relativa né al saggio tedesco né all'estratto italiano, ma soprattutto rivela una conoscenza dell'originale decisamente più precisa di quella offerta dalla recensione.⁵³ Spallanzani potrebbe aver forse ottenuto in via informale (da un allievo pavese?) una traduzione oggi perduta.⁵⁴ Comunque siano andate le cose, egli compila un “transunto” dettagliato della prima sezione dell'opera, quella che – giustappunto – dà conto delle esperienze. Si tratta con tutta evidenza di un documento di lavoro, oggettivo e neutro, nel quale sfugge solo un apprezzamento (“bell'esperimento da ripetersi”) a proposito del “termometrico” usato da Götting per testare l'eventuale produzione di calore nella reazione luminosa del fosforo in azoto.⁵⁵ È difficile dire se il biologo concepisca in quella luce (che non è combustione, non dà calore e non richiede ossigeno)

51. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 159.

52. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 160.

53. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, pp. 152-158. Cfr. anche la nota del 29 gennaio 1796 (*ibid.*, p. 219). La stesura del riassunto potrebbe essere di poco anteriore al protocollo citato in cui compare per la prima volta il nome di Götting. Nella lettera a Senebier del 9 luglio Spallanzani scrive inoltre di aver “ultimamente” letto la recensione di Amoretti (loc. cit.).

54. Nel protocollo del 9 febbraio 1796 (*ibid.*, p. 251) il biologo citerà infatti un misterioso “manoscritto” contenente la “traduzione del Giornale tedesco”, cioè il “*Neues Journal der Physik*”, dove erano da poco comparsi il secondo saggio di Götting e l'articolo di Lempe e Lampadius. Pare in effetti poco credibile che Spallanzani si sia accontentato di un'informazione parziale e di seconda mano.

55. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 154.

l'attacco più insidioso alla nuova chimica e se vi cerchi la chiave per normalizzare il mistero del surplus azotico. Per contro, la seconda parte del *Beytrag*, quella cioè che illustra i fondamenti teorici della dottrina pneumatica, non suscita né pareri né dispareri e non è proprio in nessun modo considerata.

Invero, il primo riferimento a Götting contenuto nel diario non ha direttamente a che fare con l'oggetto immediato del contendere e solo col senno di poi vi si può (ante)vedere ciò che sarà il punto cruciale del confronto con il chimico tedesco. Il richiamo è infatti a vigilare sulla purezza dell'ossigeno, dove – come s'è visto – da qualche tempo il biologo ha preso a confinare gli animali e in cui, nel caso in discussione, ha chiuso cinque lumache acquatiche. Tolta l'aria fissa e avuto esito negativo dal gas nitroso, il residuo è azoto generato dunque da questi molluschi. Sempre che – appunto "come osserva Gottling" – ci sia certezza circa l'"eccellenza" dell'aria vitale usata.⁵⁶ Con ciò, Spallanzani vela e svela implicitamente il dubbio che il suo ossigeno non sia indenne da contaminazioni e abbia falsato l'esito: l'azoto potrebbe insomma preesistere e non essere prodotto.

Di lì a poco (16 giugno 1795) l'analisi eudiometrica di grosse bolle d'aria emesse da telline morte rivela di nuovo surplus di azoto, ma questa volta Spallanzani usa l'anomalia biologica per verificare la bizzarria chimica e, "osservando Gottling che il fosforo luce nell'azotico",⁵⁷ trasfonde in un secondo eudiometro a fosforo il gas prodotto. Alle ore 7 del mattino e a finestre chiuse, il reattivo fuma, ma non emette bagliori. Ciò non di meno, il biologo segna con cura il livello raggiunto dall'acqua nel dispositivo – evidentemente sospettando la possibilità di sviluppi futuri. L'oscurità potrebbe non essere stata sufficiente e quindi si rinvia alla sera l'esecuzione di "novelli esami":⁵⁸ tanto più che, avendo ripetuto l'esperimento con aria infiammabile, il fosforo non solo dà qualche vapore, ma inverosimilmente riluce nel buio.

I "novelli esami" sono effettivamente eseguiti il giorno dopo, alle nove e mezza della sera e in perfetta oscurità, perché lampeggiamenti anche minimi non sfuggano. Nulla compare nei due apparecchi dove Spallanzani ha rispettivamente collocato l'idrogeno e l'aria emessa dai molluschi. È sufficiente però far passare l'azoto delle telline ad altro strumento, con fosforo rinnovato, perché la luce appaia e sia "bellissima".⁵⁹ Quanto al livello dell'acqua, in luogo dell'atteso innalzamento Spallanzani nota un calo modesto, che liquida appellandosi alla crescita della temperatura atmosferica. Per verificare un'eventuale rimanenza d'ossigeno che giustifichi i bagliori, viene programmato il test con l'aria nitrosa e, il 18 giugno, l'esito è negativo. Gli eventi precipitano. L'aria residua dopo la morte di quindici salamandre, sia intatte sia variamente mutilate, spegne il lume, non viene assorbita dall'aria nitrosa, non è atta alla respirazione (quindi non è ossigeno né lo contiene) e non intorbida l'acqua di calce (non è

56. *Ibid.*, p. 159.

57. *Ibid.*

58. *Ibid.*

59. *Ibid.*, p. 160.

aria fissa). Eppure in essa, passata e ripassata in più apparecchi (Spallanzani non sembra darsi pensiero di possibili contaminazioni), il fosforo riluce molto bene. E ciò diventa anzi “una prova novella” che si tratta di azoto – conclude senza mezzi termini la nota del 20 giugno.⁶⁰ La convergenza con Götting (per altro non più nominato) è indubbia, anche se Spallanzani non rileva (e non rileverà mai) che lo scienziato di Jena si accorda invece con Lavoisier proprio sulla neutralità dell'azoto nel passaggio per i polmoni (dove infatti avviene combustione e non sviluppo di *Lichtstoff*).⁶¹

Fra salamandre, rane, bisce, vermi, uccelli e pipistrelli, l'aumento di azoto continua a verificarsi in modo assolutamente caotico: talvolta (ma non sempre) con animali morti, sia intatti sia a pezzi; talvolta (ma non sempre) con specimina vivi e respiranti, talaltra con bestiole vive, ma impedito alla respirazione secondo le procedure applicate per l'inchiesta fisiologica in corso. Nel frattempo anche Senebier, già critico nei confronti di Jurine e comunque ignaro della svolta ‘tedesca’ di Spallanzani, si mostra possibilista: in fondo Berthollet ha dimostrato che l'azoto è parte costitutiva delle materie organiche e più che necessario sarà istituire un'adeguata serie di esperienze che ne dimostri la produzione eventuale nell'atto respiratorio.⁶² Di lì a breve, invece, nel laboratorio di Spallanzani l'analisi dei gas dilaga talmente da imporre alle indagini biologiche una pausa che si protrarrà sino agli ultimi di dicembre dell'anno successivo. Non si può infatti decidere della reattività dell'azoto nella respirazione se non si dimostra con certezza la natura del misterioso sovrappiù. Non è possibile farlo se non si stabilisce l'affidabilità (o meno) del fosforo e – ma solo dunque quale effetto collaterale – se non si dirime sperimentalmente la controversia fra Götting e il partito lavoisieriano.

IV.6. La chimica a tempo pieno

“Questa mattina non essendo occupato nelle mie sperienze, ho voluto ripetere qualche esperienza di Götting”:⁶³ così Spallanzani apre la nota del 25 giugno 1795. A partire da quel giorno, il suo lavoro sarà a tempo pieno sulla reattività dei gas e le analisi dei residui della respirazione, all'inizio contestuali, verranno ben presto accantonate. In realtà il biologo non riparte dai fondamentali, cioè dalla reattività del fosforo in azoto, che forse pensa di aver già stabilito con gli esperimenti, pochi ed estemporanei, che si son visti. Subito si misura invece con il punto della dottrina tedesca che costituisce la sfida maggiore alla chimica di Lavoisier, cioè la metamorfosi dell'ossigeno in azoto per azione della luce.

60. *Ibid.*, p. 162.

61. Götting, *Beytrag*, cit., vol. I, pp. 204-206; vol. II, pp. 29-34. Invero, della fisiologia respiratoria Götting sa poco (e presumibilmente di seconda mano). Definisce infatti “puro azoto” il fluido elastico che, una volta adeguatamente liberato dal gas acido carbonico, resta dopo la morte degli animali confinati in aria atmosferica (*ibid.*, vol. II, p. 25).

62. Senebier a Spallanzani, 19 giugno 1795 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 361).

63. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 167.

A 17°R il fosforo non si accende e non brilla in nessuno dei campioni (ossigeno, aria comune, idrogeno e azoto). In quest'ultimo gas però si verifica solo fumo, mentre in aria atmosferica e vitale ai vapori si unisce l'ascesa dell'acqua cioè, in tempi adeguati, il consumo di buona parte della componente ossigena. A questo punto l'apparecchio con l'aria vitale viene esposto per quattro ore al sole a 31°R e solo in quell'eudiometro il livello del liquido sale di altre 5 parti centesime. Spallanzani ne conclude ciò che (con Götting) sembra attendersi: "ecco adunque come l'aria vitale alla luce solare rimane pregiudicata". Subito tuttavia si cautela, intuendo (a differenza di Götting) che in realtà *due* sono le variabili contemporaneamente in gioco: "nel fatto esperimento vi entra però anche il calore".⁶⁴ L'avvertenza è tanto più interessante se si tiene conto dell'attuale pre-giudizio favorevole alla tesi tedesca. Il lunghissimo appunto del 25 giugno si chiude nelle tenebre e con la luce del fosforo che si accende esclusivamente nell'eudiometro contenente l'ossigeno "pregiudicato".⁶⁵ Durante la giornata successiva, e a parità di temperatura, quello strumento è il solo a verificare ulteriore innalzamento e sviluppo di calore, percepito con le dita e provato con il termometro. Nulla accade invece in un certo "tubo grosso", dove la sera prima Spallanzani ha introdotto, come caso di riferimento, aria vitale "intatta".⁶⁶ Per semplificare la scena sperimentale, lo scienziato decide di seguire solo ciò che avverrà in questi due dispositivi e di liberarsi degli altri campioni, rimasti sin lì del tutto inattivi.

Dato che il fosforo ha ormai assorbito quasi tutto l'ossigeno tenuto al sole, il 27 giugno lo scienziato immette il residuo nell'eudiometro ad aria nitrosa e la colonna, mista di una parte di tale gas e due del reattivo, occupa 18 parti centesime e mezza. Rispetto alla vitale "intatta", l'aria è dunque meno "buona"⁶⁷ e l'aggettivo generico tradisce una situazione piuttosto lontana dagli standard di esatta quantificazione tipici, o comunque auspicati dalla scienza di Spallanzani. Nel frattempo un nuovo campione d'ossigeno, lasciato la mattina precedente per cinque ore al sole e positivo al test dell'aria nitrosa quanto il gas non esposto, sembra da principio inetto ad accendere il minerale e invece costringe poi a una narrazione di sorprendente (e rara) carica emotiva:

Trasferito nelle tenebre lo trovo splendentissimo, e lo veggio bollire, l'eudiometro al posto dove bolle è caldo al tatto, l'acqua a vista d'occhio s'innalza nel tubo, scuoto i pezzetti del fosforo per far discendere l'acido fosforico, ma questo all'improvviso si accende, scoppia in razzi vivissimi, e strepitanti, e spezza l'eudiometro, ed il fosforo acceso saltando fuori cade sul suolo in gruppi di fiamme, ed un bocconcino caduto sul rovescio della mia mano la brucia, levando la pelle.⁶⁸

64. *Ibid.*, p. 170.

65. *Ibid.*

66. *Ibid.*

67. *Ibid.*, p. 173.

68. *Ibid.*, pp. 173-174.

Ci sono tutte le condizioni perché la frenesia sperimentale prenda Spallanzani, che infatti ripete e varia. Gioca in primis sul fronte della luce: “avverto poi che non ogni luce basta perché il fosforo si accenda”.⁶⁹ La citata aria vitale “intatta” sta infatti in una boccia esposta alla luce diurna, ma non al sole e con ossigeno rimasto al sole viene invece riempito un eudiometro lungo e sottile: in entrambi i casi nulla accade. La seconda variabile è la più facile da inquadrare: la pochezza del gas contenuto nell’“eudiometrico” spiega “sicuramente” l’assenza di fenomeni.⁷⁰ Ben più complicata è invece l’altra faccenda e Spallanzani inizia a tormentarsi con una casistica di situazioni luminose le più varie.

I fenomeni si manifestano tanto più velocemente quanto più a lungo l’aria vitale resta al sole, quindi lo scienziato parametrizza il tempo, ma non mantiene identiche altre variabili, quali la temperatura esterna e la capienza degli apparecchi. Ottiene di conseguenza risultati poco fruibili, dato che non separa quello che sin dall’inizio ha detto di dover distinguere, vale dire gli effetti della luce da quelli del calore, che ovviamente il sole riunisce. Il biologo non rinuncia al sole, ma prova a schermarne i raggi. Il primo tentativo (28 giugno) fallisce, perché il “cartoccio”,⁷¹ con il quale copre il contenitore, non oscura totalmente e infatti l’eudiometro dà esiti ambigui e non dissimili da quelli ottenuti sia alla luce solare filtrata dal vetro della finestra, sia all’ombra in un locale luminoso. Il 29 giugno ecco finalmente il “cartoccio opachissimo”⁷² e quindi la possibilità di stabilire l’efficacia del calore confrontando ciò che accade al riparo dalla luce solare, ma a oltre 30°R, rispetto al comportamento del fosforo tenuto a 18°R all’ombra. Le condizioni sperimentali non sono, invero, perfettamente pari, ma il fatto che la salita dell’acqua (cioè l’assorbimento del gas) sia minore a maggior temperatura è dato per “prova dimostrativa” che non il calore, ma la luce “altera l’aria vitale a farle decomporre il fosforo”.⁷³ Quindi, in linea con quanto sostiene Götting (innominato per altro), la modificazione che la luce induce all’ossigeno ne aumenta la capacità di legarsi al reattivo, ma per ora Spallanzani non arriva ad asserirne francamente la mutazione in azoto. L’esposizione al sole non induce invece differenze d’importanza se nello strumento si introduce aria comune.

I dati tornano però quasi subito all’incertezza. L’ossigeno già contenuto nell’eudiometro grande viene esposto lungamente e ripetutamente al sole del 30 giugno, ma una volta ritrasfuso nell’apparecchio nulla accade e il biologo

69. *Ibid.*, p. 174. Alla parola “luce” la mano di Spallanzani aggiunge la specificazione “solare”.

70. *Ibid.* Il termine “eudiometrico” non appare in questa pagina, ma comparirà nel prosieguo assai di frequente e già da ora tutto lascia intendere che nel laboratorio di Spallanzani si stia creando un certo affollamento di apparecchi.

71. *Ibid.*, p. 175.

72. *Ibid.*, p. 176.

73. *Ibid.*

non si capacita che tale luce ben viva "non abbia *viziata* quest'aria in modo, che scomponga il fosforo".⁷⁴ Quindi non c'è regola e non c'è costanza. Si aggiunga la scelta per quel "*viziata*": verbo 'negativo' (altri consimili sono già stati usati e lo saranno nel prosieguo), che si lega però a un *aumento* di reattività. La situazione è ossimorica e di evidente discomfort.

Alle 4 e mezza della mattina seguente Spallanzani reagisce allargando la scena sperimentale all'aria infiammabile. Trasfuso il gas nell'eudiometro, il fosforo vi brilla in modo a dir poco sorprendente, una fiammella corre da un'estremità all'altra in forza del liquido fuoriuscito dal reattivo, che si ricopre infatti di goccioline acide. Ciò non di meno, la reazione luminosa non produce innalzamento dell'acqua nel dispositivo: l'idrogeno non s'è dunque combinato con il fosforo. Una volta estinti i fenomeni, il gas viene passato ad altro apparecchio ed esposto per ore al sole estivo, che non sembra in grado di ridestarli. Accostata una carta accesa, il minerale inizialmente stenta e poi produce un'accensione assai viva, ma momentanea.

Nessuna traccia di questa iniziale apertura alle tesi di Götting passa nel carteggio con Senebier che, del resto, non ha letto e non leggerà mai il *Beytrag*. Spallanzani, convinto invece che l'amico lo conosca "sicuramente", preme per avere ulteriori notizie circa il dibattito europeo in corso.⁷⁵ Il corrispondente risponde citando solo una recensione comparsa sulla "Allgemeine Literatur-Zeitung", ma la considera troppo breve per esprimersi su esiti tanto sorprendenti quanto inspiegabili.⁷⁶ Nelle lettere a Ginevra il primo pronunciamento del biologo intorno alla chimica di Götting è però già obliquamente critico. Proprio la lettura recente dell'estratto pubblicato da Amoretti – confida Spallanzani – l'avrebbe indotto a riflettere sulla fragilità del modello comunicativo che lo scienziato italiano ritiene diffuso e prediletto nelle opere naturalistiche pubblicate nel mondo anglosassone. "In sé è bellissimo" – scrive il 9 luglio 1795 – il "metodo" che riproduce in toto lunghe serie sperimentali, affinché le conclusioni ne siano tratte in modo diretto e oggettivo. Risalendo però la narrazione, ci si accorge che, "non di rado", è una sola esperienza che fonda "fatti capitali" ed è quindi sufficiente che essa vacilli perché l'intero edificio collassi.⁷⁷ Nella parola "metodo" il biologo evidentemente riunisce i criteri che plasmano sia il fare sia il comunicare la scienza. E contesta entrambi: Spallanzani sa da sempre che scelte epistemologiche e scelte narrative convergono e che le seconde non vivono mai di vita autonoma.

74. *Ibid.*, p. 177 – corsivo nostro.

75. Spallanzani a Senebier, 9 luglio 1795 (Spallanzani, *I carteggi*, cit., vol. VIII, p. 364).

76. Senebier a Spallanzani, 23 settembre 1795 (*ibid.*, p. 366). Cfr. "Allgemeine Literatur-Zeitung", 1795, II, n. 135, pp. 313-317. Senebier pare tuttavia aver compreso assai poco della chimica di Götting. Si chiede infatti come il fosforo possa acidificare anche in idrogeno e in acido carbonico, gas che non hanno nulla in comune con l'azoto, dimenticando che il chimico tedesco attribuisce e dimostra nel caso di entrambi la componente *Lichtstoff*.

77. Spallanzani a Senebier, 9 luglio 1795 (loc. cit.).

IV.7. Il “costante”

Lasciata Pavia per le vacanze estive, gli esperimenti con i gas continuano nella cittadina natale di Scandiano. In azoto il fosforo non riluce, ma è sufficiente aggiungere pochi gradi d'aria comune e s'innescano bagliori, benché assai deboli. In un intervallo di tempo dato e con temperatura che si mantiene fra i 18° e i 19°R, il minerale assorbe i venti gradi d'aria vitale presenti nell'atmosfera, acidifica e smette infine ogni manifestazione luminosa. Spallanzani non commenta, a metà luglio si trasferisce nella già citata villeggiatura appenninica di Fanano, vi prosegue le analisi, ma in questo periodo (e sino al 23 dicembre) affida gli appunti a uno dei suoi pochi quaderni andati perduti. Riusciamo non di meno a seguire gli eventi sulla scorta di un “ristretto” che, compilato fra gennaio e febbraio dell'anno successivo, riassume in modo complessivamente fedele le note e con esse le oscillazioni e le incertezze di questa fase.⁷⁸

L'azoto è prodotto nell'eudiometro di Giobert per combustione del fosforo in aria atmosferica e nessuna precauzione è presa per evitare l'impurezza da ossigeno, possibilità di cui Spallanzani è peraltro da tempo perfettamente a giorno. Nessun sospetto di contaminazione suscitano inoltre le numerose manovre per spostare il gas da un dispositivo all'altro. A ogni travaso, l'azoto torna dunque a indurre luce nel fosforo, ma “non sussiste quanto dice Gottling”,⁷⁹ vale a dire che contestualmente il livello dell'acqua ascenda, come invece regolarmente accade – e con luce ben maggiore – se all'azoto si sostituisce aria atmosferica. Lo scienziato è in effetti assai preso dalla narrazione della fantasmagoria percettiva che, provocata dalla reazione, suscita e alimenta la bulimia del vedere. Per lo più, infatti, gli indizi da disambiguare si fissano sulle tonalità della luce, l'intensità dei vapori o le sfumature di colore che si verificano nel minerale e in ciò che lo ricopre.

Alle variabili già paramtrate (i tempi della reazione, la temperatura ambiente, l'innalzamento del liquido) il 23 luglio si aggiunge però un secondo elemento, cioè il calore del fosforo stesso, che in aria comune è rilevato dal termometro. Si tratta di un dato ovviamente assai sensibile (si ricorderà infatti l'appunto sul “termometrino” di Göttling), ma non è chiaro come e se l'osservazione venga ripetuta in azoto. Si nota infatti che il gas causa nel fosforo transitorie esalazioni luminose e produce un innalzamento, estemporaneo e transeunte anch'esso, nel livello del liquido, “non ostante la medesima temperatura”,⁸⁰ ma lo scienziato non spiega se il riferimento sia alla temperatura ambiente o a quella del minerale. Comunque siano andate le cose, le esperienze passate hanno escluso l'assorbimento di azoto e quindi

78. Cfr. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, pp. 227-248. Il ristretto riassume le note composte fra il 25 giugno 1795 e il 4 febbraio 1796.

79. *Ibid.*, p. 230.

80. *Ibid.*, p. 231.

Spallanzani annette l'evento all'accidentalità: "sospetto di qualche non preveduta circostanza".⁸¹ Il biologo non lo rimarca, ma l'invarianza di temperatura potrebbe pure segnalare che la luce in azoto non è combustione – proprio come vuole Götting.

Dopo di aver correttamente notato che in aria atmosferica la luminosità del fosforo diminuisce in ragione del consumo di aria vitale, Spallanzani si chiede se la cosa non avvenga piuttosto – come è "ne' principj di Gottling"⁸² – perché il minerale si copre d'umidità. Per il chimico tedesco la nota crosta acida (mai identificata in modo più preciso) è la causa che spegne la reazione in azoto (contenente infatti anch'esso *Sauerstoff*). Spallanzani osserva invece che, in azoto, il fosforo riluce ed è rivestito da caligine, ma quest'ultima non reagisce alla tintura di girasole. È poi sufficiente unire aria atmosferica (che di certo non toglie né l'acidità né l'umidità) perché il minerale torni a risplendere: ciò che nessuna aggiunta di azoto riesce a ottenere. I pezzi del puzzle sono dunque tutti sul tavolo, ma al momento l'autore non sembra particolarmente interessato ad assemblarli. Qualcosa però sta cambiando.

La svolta matura il 6 agosto, quando l'obiettivo della ricerca si sposta da ciò che accade *sempre* (e che è ormai chiaramente inconseguibile) a ciò che accade *regolarmente*. Lo scienziato è insomma all'inizio della sua battaglia per separare – secondo le parole ricorrenti nel diario – ciò che è "costante" da ciò che è "accidentale", per quantificare il concetto di precisione e stabilire anche in questo settore d'indagine il *range* della "variazione accettabile",⁸³ cioè quella che può verificarsi senza intaccare la norma. La nuova inchiesta resta sui generis, ma si sta dunque in tal modo riappropriando del metodo col quale il biologo domina da sempre la sua naturale tendenza all'inconcludente bulimia sperimentale. Si tratta di smascherare l'"accidentale combinazione"⁸⁴ per costruire il "costante". Costante *non* è la luce in azoto: quest'ultima in effetti si verifica, ma appartiene all'occasione contingente dei travasi, che infatti a un certo punto perdono anch'essi di efficacia. Costante è la luce "bellissima"⁸⁵ che, nei tempi giusti, è provocata dall'aggiunta di aria comune, è tanto più intensa quanto maggiore è la presenza d'ossigeno e altrettanto si affievolisce al suo diminuire. Persiste – è vero – qualche caso oggettivamente controverso, ma "dopo replicati esperimenti"⁸⁶ si conclude comunque all'inerzia dell'azoto. Resta da capire quale sia l'accidente che talvolta provoca la reazione luminosa.

81. *Ibid.*

82. *Ibid.*, p. 230.

83. Velmore Davoli, *Il metodo scientifico di L. Spallanzani*, in Fabrizia Capuano – Paola Manzini (a cura di), *La "mal-aria" di Lazzaro*, cit., p. 79.

84. Queste espressioni sono più tarde (cfr. gli appunti del 23 agosto 1796 – Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit. t. I, p. 390), ma risultano singolarmente efficaci.

85. *Ibid.*, p. 231.

86. *Ibid.*, p. 232.

IV.8. Inquinamento e deterioramento

Il 10 agosto ai bagliori del fosforo in azoto Spallanzani collega finalmente la contaminazione del gas, eventualità che gli è ben nota e che pure sin lì – difficile dire perché – non ha messo adeguatamente in conto. Più che ai numerosi passaggi ai quali ha sottoposto il fluido elastico, il riferimento è ai maneggi del fosforo, che pare sia stato addirittura tolto dall'eudiometro ed esposto all'aria comune. È possibile che basti molto meno e che quindi ci sia inquinamento ogni qual volta in azoto si verificano fenomeni. Sono, per il transunto, “sospetti”⁸⁷ e vanno testati. Spallanzani ripete “col metodo di Gottling”,⁸⁸ cioè mette da parte l'eudiometro e appende il fosforo in una boccetta e poi in un tubetto pieni d'azoto. Né luce né fumo si rendono visibili e il 25 agosto lo scienziato lascia la villeggiatura ragionevolmente convinto di aver conseguito buone prove sperimentali del fatto che si ha produzione di acido fosforico solo quando all'azoto si unisce aria comune e che ogni aumento del primo, rispetto alla seconda, attenua i fenomeni luminosi.

Sino alla fine del mese successivo il biologo viaggia fra varie città padane, impegnato in analisi eudiometriche,⁸⁹ ma riprende pure a indagare gli effetti della luce sull'ossigeno. Si conferma che il gas è massimamente attivo al sole (ma la temperatura è di ben 32°R) e che il buio lo rende inerte o comunque consente un'accensione di breve momento. La cosa non cambia se all'“aria vitale oscura” si aggiunge azoto – e qui vacilla l'accordo con Götting – ma è sufficiente unire aria atmosferica per innescare la reazione, oppure spegnerla procedendo con la manovra inversa.

Di passaggio a Scandiano, lo scienziato non smette di armeggiare con gli eudiometri e, riprendendo le manovre eseguite il 18 ottobre, il transunto nomina per la prima volta la citata e compiacente variante “a imbuto”. Si immette azoto, che produce i soliti fenomeni momentanei, e poi si stacca dall'acqua l'estremità allargata dell'apparecchio. L'aria atmosferica riempie la parte di tubo già occupata dal liquido, si mescola all'azoto ed ecco la conferma di fumo e luce. A maggior temperatura e senza crescita (o quasi) del livello dell'acqua, i bagliori si producono invero pure in idrogeno, ma si spengono presto.

A metà novembre si torna a Pavia e il lavoro ferve, anche se Spallanzani minimizza l'impegno e scrive a Senebier di esperienze condotte “in alcuni ritagli d'ozio”, ma ripetute e variate “con più rigore” di quanto non appaia nelle serie tedesche, alcune delle quali “non reggono all'onore delle prove”.⁹⁰ Al tempo stesso è però ansioso di avere migliore informazione circa critiche che in Ger-

87. *Ibid.*, p. 233.

88. *Ibid.*

89. Cfr. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., pp. 164-165. Il 19 settembre Spallanzani scrive inoltre al fratello Niccolò di trovarsi a Venezia da più giorni (*Carteggi*, cit., vol. IX, p. 313) e vi resta sino al 27 settembre 1795, come risulta dalle date delle esperienze eudiometriche riprese nel transunto e indicanti il luogo di esecuzione.

90. Spallanzani a Senebier, 16 novembre 1795 (*ibid.*, vol. VIII, p. 368).

mania sarebbero state mosse a Götting e alle quali il professore di Jena avrebbe fatto fronte. Ne chiede dettagli a Ginevra, non li ottiene e in laboratorio lavora soprattutto sull'impurezza dell'azoto prodotto con l'eudiometro di Giobert. Nel transunto (che – come s'è detto – in genere riassume in modo neutro gli appunti persi) l'autore riprende le esperienze del 21 novembre 1795 ed eccezionalmente interviene e corregge. Quando il diario "pretende provare" che l'azoto ottenuto con l'apparecchio a fosforo è negativo all'aria nitrosa, "sicuramente" vi è "dell'inganno".⁹¹ È difficile pensare che la 'scoperta' dell'errore appartenga al momento dell'estrapolazione e infatti negli appunti dei giorni successivi è proprio con la consapevolezza della nota percentuale d'ossigeno residuale che lo scienziato inizia a inquadrare le vecchie anomalie.

Contemporaneamente torna alla ribalta l'efficacia della luce, che pareva accelerare i tempi e abbassare i gradi necessari per la reazione del fosforo in ossigeno. Ora, per contro, gli eventi si mostrano irregolari al punto da riorientare la ricerca del 'costante'. È evidentemente impossibile parametrare l'intensità dei fenomeni luminosi, ma con l'eudiometro si può quantificare il "vizio" contratto dall'ossigeno tenuto al sole rispetto ai campioni di controllo rimasti al buio. Lo scienziato annota infatti che il fosforo assorbe "tutta"⁹² (?) l'aria vitale oscura ottenuta da ossido mercuriale, ma il transunto non riporta – seppur ci furono – i dati per la comparazione con l'aria vitale illuminata. L'intenzione di Spallanzani è già altrove. Vengono testate con il gas nitroso non più due, bensì tre tipologie di ossigeno: oscuro tenuto al freddo, oscuro tenuto al caldo e ossigeno illuminato, ma l'estratto – di nuovo – tace gli esiti. Intenzioni e progetto vanno probabilmente a una velocità superiore ai tempi tecnici della sperimentazione e infatti il riassunto corre a ciò che accade il 18 dicembre ed è palesemente in controtendenza. L'aria vitale esposta al sole è ben lungi dal consentire che il fosforo brilli a minor calore e ne impedisce anzi la reazione pure ad alta temperatura, ma in modo non dissimile si comporta ossigeno oscuro e lasciato sulla stufa. Non c'è dunque prova che il "deterioramento"⁹³ provenga dal caldo o piuttosto dall'acqua, sopra la quale il gas è conservato e che potrebbe essersi vaporizzata. È il primo accenno a un ruolo inquinante delle componenti di quest'ultima, largamente discusso dalla letteratura contemporanea, ma sin qui ignorato da Spallanzani, che sta però recuperando in fretta.

Resistono gli strani casi dell'aria infiammabile: lo scienziato la sperimenta con il gas nitroso, ma di nuovo il transunto non fa parola dei risultati. In idrogeno, prodotto con acido vitriolico su limatura di zinco, la luce del fosforo sembra pari a quella che si sprigiona in aria atmosferica: la situazione manifesta insomma punti di contatto evidenti con i casi dell'azoto. Ci sono infatti bagliori temporanei, ravvivati nei travasi, ma al solito irregolari: talvolta il minerale reagisce a una temperatura impossibile sia per l'ossigeno sia per l'aria comune;

91. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 235.

92. *Ibid.*, p. 237.

93. *Ibid.*

talvolta il tornasole vira al rosso, ma nell'eudiometro non c'è innalzamento del livello dell'acqua, cioè manca l'assorbimento del gas e la sua composizione col fosforo. È però proprio una manovra condotta sull'idrogeno che riporta l'acqua al centro dell'attenzione.

L'11 dicembre Spallanzani interviene su un pezzo di fosforo che fuma appeso nella boccetta con aria infiammabile chiusa sopra l'acqua. Bagnando ripetutamente il reattivo, la luce si riaccende, sia pur per breve periodo. Qualcosa dunque "si attacca al fosforo", ma può essere asportato dal liquido, che perciò è in grado di togliere "qualche sostanza" non meglio precisata.⁹⁴ L'esitazione è comprensibile: sin qui il biologo non si è mai espresso sulla complicata struttura teorica della chimica di Götting e – conforme la *chimie nouvelle* – ha più volte escluso che in aria infiammabile si dia formazione di acido fosforico (o fosforo-), cioè che l'idrogeno possa combinarsi con il reattivo. Il giorno successivo la boccetta usata in questi esperimenti viene accantonata, si torna all'eudiometro e vi si immette mercurio, ottenendo fumo e reazione francamente acida. L'efficacia delle "bagnature" si conferma variando il protocollo e lasciando addirittura galleggiare il minerale sul metallo liquido, che consente sicuramente di escludere le bolle d'aria di cui si sospetta la presenza nell'apparecchio con l'acqua. Ai lavaggi, gli eventi si ripetono, pur tornando estemporanei già dopo 24 e 48 ore. La scelta del mercurio diventa più frequente (o quanto meno più frequentemente rimarcata nel diario) e va forse di concerto con i timori ormai radicati circa le potenzialità inquinanti dell'acqua.

Tuttavia, perché i fenomeni divengano persistenti e costanti, Spallanzani si convince che la semplice "lavatura" del fosforo non basta. Non importa che si operi in acqua o in mercurio. È piuttosto necessario che il liquido "urti, e riurti"⁹⁵ il reattivo, cioè che l'eudiometro venga energicamente scosso. Ecco infatti che la luce si fa più forte, il vapore sale lungo il tubo e i lampeggiamenti arrivano sino all'estremità superiore del tratto verticale. L'esperienza viene ripetuta per ben sei volte proprio nel giorno di Natale del 1795: quando l'agitazione è adeguata, la luce si rinnova regolarmente e persiste oltre l'agitazione stessa. Il biologo ne conclude ciò che non ha osato sinora e traduce la risalita dell'acqua in vero assorbimento di aria infiammabile da parte del fosforo. Torna anzi con la memoria all'estate precedente e ai casi in cui (sia in azoto sia in infiammabile delle paludi) giudica ora di aver troppo facilmente escluso ogni reazione, che invece era forse solo bloccata da quella "acida umidità sopravvenuta".⁹⁶ La temperatura può inoltre averci messo del suo: il calore infatti prosciuga e trasforma la caligine in una patina e ne rende più difficile l'asportazione. Preso da una di quelle folgorazioni, repentine e ingannevoli, che nella sua lunga carriera scientifica l'hanno più volte tradito, Spallanzani conclude: "sicché quanto all'aria infiammabile dal zinco questo basti, avendo avuto i lumi necessarj".⁹⁷

94. *Ibid.*

95. *Ibid.*, p. 185.

96. *Ibid.*, p. 186.

97. *Ibid.*

È sufficiente però togliere l'idrogeno e mettere nell'eudiometro aria comune ed ecco che l'acqua, invece di risuscitare i bagliori, li spegne ed essi si riaccendono piuttosto una volta levato il fosforo dal liquido. Spallanzani non si capacita e per la prima (e unica) volta prova goffamente a confrontarsi con i fondamenti teorici del sistema tedesco. Si aggrappa alla distinzione – "secondo Gottling" – fra la luce (tipica ed esclusiva della reazione in idrogeno) e il fuoco (tipico ed esclusivo della reazione in ossigeno): "questo con l'acqua si spegne, non così quella".⁹⁸ La conclusione è disarmante, ma viene presto accantonata, dato che – si rammenta – il collega di Jena propriamente parla d'azoto e non d'idrogeno. I fenomeni riprendono solo dopo di aver convenientemente lasciato in quiete il fosforo e si danno già a 5°R, aumentano sino a luce non dissimile da quella che si sviluppa in ossigeno e crescono ancora di più una volta liberato il fosforo dall'apparecchio e tenuto fra le dita. Quindi a bassa temperatura "s'intende ciò che dice Gottling",⁹⁹ vale a dire che i bagliori sono maggiori in aria infiammabile che in aria comune. È però sufficiente che il termometro s'innalzi perché le tesi tedesche non reggano.

I distinguo rispetto alle posizioni del *Beytrag* crescono, ma la possibilità della reazione in idrogeno resta. Quando gli eventi non si verificano, avendo di nuovo posto il fosforo sopra il mercurio della boccetta, è perciò imperativo rifare l'esperimento. E replicando l'esperimento, ecco smascherata l'incongruenza di procedura. Il minerale, che galleggia sul metallo liquido, lo tocca inferiormente: perché il gas lo circonda invece da ogni lato, è necessario che il reattivo sia appeso. Si ripete al buio e con aria infiammabile prodotta dalla limatura di ferro, pur già ritenuta meno attiva. La reazione (con luce e generazione di acido) aumenta quando l'acqua investe il fosforo e si fa ancora più intensa una volta riscaldato lo strumento con la bocca. "Ripetendo assaissime volte",¹⁰⁰ i fenomeni sono sempre gli stessi e non lasciano dubbi. L'occhio dimentica anzi di osservare se si dia innalzamento dell'acqua (ovvero assorbimento d'idrogeno) e la mano annota: "ma a me pare che lo debba".¹⁰¹ Sembra dunque che la strada sia in discesa e porti a risultati (in parte) convergenti con quelli del collega tedesco. La luce in idrogeno diventa il "costante", che viene addirittura preso come termine di confronto per confermare l'"accidentale" dei fenomeni in azoto – brevi e tenui, anche agitando l'eudiometro, e sempre più deboli malgrado i lavaggi del fosforo.

L'azoto, separato dall'aria atmosferica secondo il metodo di Götting, contiene un residuo d'ossigeno esattamente come il gas prodotto con l'eudiometro di Giobert – aveva scritto Spallanzani il 23 dicembre. Nella notte di tre giorni dopo, il gas è ottenuto "con replicate operazioni nella boccetta chiusa ermeticamente",¹⁰² cioè per combustioni ripetute e accantonamento del fluido

98. *Ibid.*

99. *Ibid.*

100. *Ibid.*, p. 187.

101. *Ibid.*

102. *Ibid.*, p. 188.

elastico ogni volta generato sino a che non si dà più accesso all'acqua. Il biologo dichiara di aver in tal modo applicato il metodo del professore di Jena, sostituendo però la "bocchetta col rubinetto" alla cucurbita metallica.¹⁰³ In realtà Götting ha usato *sia* la cucurbita *sia* le ampolle di vetro ed è possibile che Spallanzani confonda fra loro i diversi protocolli tedeschi. Al netto delle difficoltà con le quali lo scienziato sta esplorando terra largamente incognita, resta che, con l'uno e con l'altro metodo, si ottiene azoto della medesima qualità e quindi si osservano i medesimi fenomeni. Fallisce la cucurbita di ottone e fallisce Spallanzani, che le sostituisce cristalli graduati e quindi riunifica, nella contestazione dello strumento, la regola della quantificazione e l'ansia di vedere. Lo scopo è di "avere l'aria azotica pura, o almeno meno impura".¹⁰⁴ Se l'imperfezione è inevitabile, bisogna dominarla per poterla usare.

Il 27 dicembre l'aria infiammabile da zinco è protagonista di fumi vistosi, attiva la reazione a soli 5°R e però il dubbio riprende Spallanzani circa l'effettivo innalzamento dell'acqua nel dispositivo. L'esperienza è da rifare e lo scienziato questa volta ripete 'inquinando' artificialmente l'idrogeno, cioè immettendo 12 gradi di aria vitale. Il risultato ha l'effetto di una folgorazione. Ecco che la luce nel fosforo è chiara e non passeggera, come invece – si ammette ora – era stata quella prodotta nel solo idrogeno. L'esperimento è definito "importantissimo"¹⁰⁵ e va iterato con dosi di ossigeno sempre minori. Nella notte successiva i risultati sono però poco o nulla significativi e il giorno dopo l'aria infiammabile induce reattività nel fosforo a temperatura ancora inferiore. Il promettente programma di ricerca viene accantonato, ma ciò che Spallanzani ne conclude risulta comunque interessante per quanto allontana e contemporaneamente avvicina alla corretta interpretazione dei fenomeni. Non la tipologia del gas – scrive lo scienziato – ma la temperatura ambiente decide la reazione, che è possibile quindi in idrogeno come in azoto, in aria comune come in ossigeno, ma a calore crescente. L'aria vitale non è dunque nemica della luce, ma della bassa temperatura.

Il biologo torna ad aria infiammabile per la quale usa con intenzione il superlativo di "purissima".¹⁰⁶ Si fissa sui vapori emessi dal fosforo che pende in un tubetto con mercurio: essi si spengono proprio lavando il reattivo con il metallo liquido, cioè durante la manovra istituita per asportare quella che ora si descrive come "pellicella o velo bianchiccio scuro",¹⁰⁷ sicuramente acida. Si potrebbe concludere che la manovra è ininfluyente e che la cessazione dei fenomeni va cercata altrove, ma – come s'è visto – da quell'idrogeno Spallanzani ha escluso ogni inquinamento. In causa sarà piuttosto l'impotenza del mercurio a compiere ciò che riesce all'acqua. A nulla serve invece agitare il gas e la reazione è

103. *Ibid.*

104. *Ibid.*, p. 185.

105. *Ibid.*, p. 188.

106. *Ibid.*, p. 190.

107. *Ibid.*, p. 191.

ridestata solo da aggiunte e travasi – come lo scienziato ha già visto più volte, ma ora rimarca con l'esagerazione del superlativo: l'aria diventa così "ottima ottimissima".¹⁰⁸ Potrebbe essere – di nuovo – un tassello importante per la soluzione del puzzle, ma l'autore non sa inserirlo a dovere.

Il rischio di perdersi nella moltiplicazione delle variabili è evidente e lo scienziato, che è tale perché sa cosa osservare e cosa trascurare, progetta una selezione netta. Gli esperimenti non saranno ripetuti per quanto concerne la luce e il fumo. Due e solo due sono le cose da rilevare: l'eventuale variazione di peso del fosforo e di livello del liquido. Il cambio di passo – da una chimica della luce a una chimica delle quantità – è tanto epistemologicamente 'pesante' quanto scientificamente fragile, fondato – come al momento è – sulla convinzione che la reattività di azoto e idrogeno sia stata ormai stabilita. Almeno cinquanta volte – sottolinea Spallanzani – il lavaggio in acqua ha infatti riaccessato la reazione del fosforo nelle arie mefitiche. "La cosa è decisa"¹⁰⁹ – scrive il 31 dicembre – e invece nulla è definito in modo certo e l'anno si chiude di nuovo sugli appariscenti exploit del fosforo in aria atmosferica. La reazione è vivissima e ben superiore a ciò che accade in idrogeno e in azoto perché lo scienziato scalda l'estremità dell'eudiometro mettendola, assai avventurosamente, dentro la propria bocca. La procedura, che da qui in poi sarà applicata con regolarità, fomenta il calore, ma non ha alcuna possibilità di quantificare il riscaldamento e tanto meno la proporzionalità dei fenomeni. Il 1° gennaio 1796 l'eudiometro si rompe, Spallanzani non demorde, ma la narrazione suggestiva della luce dilaga. Per gli eventi suscitati dall'aggiunta di ossigeno i superlativi si sprecano ed è chiara la loro connessione alla temperatura, ma è fatica improba staccarsi dal qualitativo che abbaglia nell'intreccio di aggiunte e travasi (dei gas), lavature e riscaldamenti (del fosforo). Tradurre la chimica della luce in una chimica di pesi e volumi è difficile (forse inutile?).

La situazione torna instabile. In idrogeno il fosforo, anche in quantità notevole, assorbe solo una modestissima porzione di gas e poco o nulla può il calore della stufa (e della bocca). Resiste l'efficacia della lavatura del minerale, ma la luce riappare intermittente e si fissa al reattivo solo dopo un doppio travaso del gas. La cosa inquieta l'autore, che ne coglie il contrasto con le esperienze precedenti, riflette su accuratezza e intensità delle manovre, ma non va oltre. In aria atmosferica, per quanto poco sia il fosforo, l'acqua sale invece a vista d'occhio, sino a raggiungere nel tubo eudiometrico i 20 gradi, rimessi i quali i fenomeni riprendono. "Ecco adunque provato"¹¹⁰ che l'aria vitale innesca la reazione, che i fenomeni cessano quando essa si esaurisce e riprendono una volta rimessa la porzione mancante. Siamo al 3 gennaio e sei mesi di lavoro hanno ricondotto lo scienziato al punto di partenza della ricerca pneumatica. Come già s'era intuito, il nuovo verrà dalla consapevolezza della contaminazione, che agirà sulla scelta

108. *Ibid.*, p. 192.

109. *Ibid.*

110. *Ibid.*, p. 195.

dei contenitori, sulla modalità di aggiunte e travasi e infine sulle miscele di gas mefitici e ossigeno.

Spallanzani usa tubi “lunghissimi, e graduati”,¹¹¹ dove il reattivo è appeso per un filo, i gas sono immessi sott'acqua e il fosforo può essere circondato dal fluido elastico meglio e più rapidamente di quanto non accada nel vetro dell'eudiometro, largo e piegato. A questo punto scatta di nuovo e felicemente l'idea dell'inquinamento. Uniti 20 gradi di ossigeno all'azoto, la luce è tale da illuminare al buio l'intera stanza. La sua vivacità appare immensamente superiore a quella che il fosforo manifesta nei due gas mefitici ‘puri’, s'indebolisce al freddo e all'esaurirsi dell'aria vitale, si riaccende a ogni aggiunta con intensità proporzionata, è indifferente al calibro del contenitore e corrisponde al riscaldamento (ancora affidato però al calore della bocca o della mano, e quindi non quantificato). Ciò dimostra la reattività del fosforo in ossigeno, ma non ancora l'inerzia dell'azoto. Di quest'ultima non c'è certezza, neppure dopo la verifica positiva di ciò che il 5 gennaio Spallanzani torna a definire il suo “scopo principale”,¹¹² vale a dire l'invarianza di peso del minerale dopo fenomeni reattivi ripetuti per ripetute aggiunte di azoto. Mutamenti di tecnologia nella produzione dell'idrogeno aprono però inaspettatamente strade diverse.

Dal laboratorio chimico dell'ateneo è ottenuta aria infiammabile prodotta per decomposizione dell'acqua, cioè non da limatura metallica, come lo scienziato ha letto in Götting e come ha sin lì praticato. “Ho voluto di quest'aria, perché è la più pura”¹¹³ – annota nel diario – e, attingendo da quattro grandi contenitori, ne riempie l'eudiometro a fosforo. Il calore della bocca innesca una reazione luminosa che, non inferiore a quella dell'aria comune, viene più volte ridestata seppur in modo discontinuo. La reattività del fosforo in idrogeno non è stata finora del tutto esclusa, ma l'intensità dei fenomeni insospettisce e quindi lo scienziato programma il test con l'aria nitrosa. Non si accontenta di quella che conserva da più giorni, ma ne allestisce di nuova. Evita l'idrogeno ottenuto per primo dalla decomposizione dell'acqua, perché è facile supporvi un residuo d'aria atmosferica, e analizza quello prodotto dopo ben un'ora e mezza dall'inizio della procedura. Ripete il test tre volte “con tutta l'esattezza”,¹¹⁴ ma l'esito è chiaro. L'aria infiammabile è contaminata da un grado di ossigeno: non di più e non di meno della quantità di aria vitale contenuta in quella già generata dallo zinco. Dunque l'inquinamento “può essere stato” il motivo della luce.¹¹⁵ La meticolosità che sostiene la manovra e l'oggettività dell'esito che la conclude ancora non tolgono dunque l'espressione di dubbio.

Conviene – scrive Spallanzani – tornare “con maggior rigore”¹¹⁶ alla vecchia procedura e ritestare i fluidi elastici. Contestualmente una quantità di bolle

111. *Ibid.*

112. *Ibid.*

113. *Ibid.*, p. 199.

114. *Ibid.*

115. *Ibid.*, p. 200.

116. *Ibid.*

gassose, sprigionate al sole dall'acqua e comunicate all'ossigeno sovrastante, rafforza i dubbi già espressi sull'azione inquinante dell'acqua medesima (e non della luce), ma lo scienziato è al momento troppo preso dalla causa dell'idrogeno, non dà seguito alla considerazione e si conferma invece nell'uso del mercurio. La produzione successiva di aria infiammabile da zinco avviene infatti con nuove precauzioni. Piccolissima è la boccetta nella quale bolle la mistura di acido e limatura metallica e il solito tinozzo è sostituito da una "tinozzina".¹¹⁷ Il metallo liquido riempie inoltre sia il piccolo tubo ricurvo che sfocia nella "tinozzina" sia le "bocettine" capovolte in cui si raccoglie il gas. Tutto è insomma previsto per togliere ogni possibile persistenza di aria comune, ma l'idrogeno, testato con il gas nitroso, ancora rivela mezzo grado d'ossigeno. Passato infine all'eudiometro, il calore della bocca innesca nel reattivo solo una luce fioca, per la quale si sprecano i superlativi negativi. L'accuratezza ha fatto dunque la differenza, generando aria infiammabile "quasi pura".¹¹⁸ È il mezzo grado di ossigeno, comunque ineliminabile, che produce i modestissimi fenomeni di breve durata di contro a quelli molto più intensi verificati con idrogeno già prodotto nel grande tinozzo pieno d'acqua e quindi ben più impuro d'aria vitale.

La coscienza dell'imperfezione ("dissi *quasi pura* ...") inquadra finalmente le irregolarità superstiti: barlumi e sfumature luminose, ben lungi dall'infirmare le teorie francesi, forniscono una prova "concludentissima"¹¹⁹ della proporzionalità fra intensità della reazione e contaminazione del gas. Quando finalmente si presenta il caso fortunato in cui il fosforo, portato finanche al punto di fusione, né fuma né riluce, la conclusione viene da sé: "qua dir bisogna che l'aria infiammabile fosse purissima".¹²⁰ Ma è sufficiente introdurre tre centesimi e mezzo d'ossigeno (a temperatura conveniente) perché il minerale illumini la stanza.

Da qui in poi, quando si tratterà di produrre aria infiammabile, nel diario comparirà frequentemente il contrappunto fra il "metodo vecchio" e questo "metodo nuovo". La distinzione dunque non è fra la 'vecchia' reazione dell'acido sulla limatura metallica rispetto alla 'nuova' decomposizione dell'acqua. Il discrimine passa piuttosto per la consapevolezza dell'inquinamento e quindi per modifiche congruenti della procedura. Mercurio e nuovi contenitori non bastano. Bisogna attendere che ogni residuo d'aria comune venga espulso sia dai tubi pneumatici sia dal "vasetto" che contiene l'acido vitriolico e la limatura metallica (al pari dei contenitori necessari per decomporre l'acqua). E "convien dire che più difficilmente si espelle di quel che crediamo."¹²¹ Si tratta di riflessioni ovvie per un professionista della materia, molto meno per Spallanzani,

117. *Ibid.*

118. *Ibid.*, p. 201 – il corsivo è dell'autore.

119. *Ibid.*

120. *Ibid.*

121. *Ibid.*

che tocca ripetutamente con mano i limiti del suo saper fare chimico, forse all'inizio sopravvalutato con leggerezza.

È pure necessario metter nel conto il minor speso specifico dell'idrogeno, al seguito del quale passerà perciò aria comune, che finisce nei vasi dove si raccoglie il gas. Una volta prodotto, non meno problematico è testare la purezza: inconcludente è definita la prova del lumicino che si accende con detonazione e inaffidabili sono parimenti l'estinzione della candelletta immersa e la morte degli animali confinati. Finalmente s'intende invece perché la reazione riprenda a ogni aggiunta: con essa inevitabilmente entrerà anche una percentuale d'aria atmosferica. Se, dopo operazioni ripetute, non si ha più né fumo né luce, i fenomeni in realtà cessano perché la quantità di idrogeno eccede decisamente quella dell'ossigeno. In positivo o in negativo, tutto ruota dunque attorno all'inevitabilità dell'inquinamento.

Si può ora tornare all'azoto. Il 12 gennaio esso viene miscelato all'idrogeno prodotto col "metodo nuovo" e la reazione non si verifica, neppure al caldo della stufa. Dati i noti problemi di contaminazione, l'esperimento è, con tutta evidenza, molto ma molto fortunato. Basta invece una minima quantità d'aria vitale per innescare i lampeggiamenti: la scena non è particolarmente diversa da ciò che si sta verificando da mesi, ma adesso tutto è chiaro. Quando in idrogeno s'introduce aria atmosferica, i bagliori provengono esclusivamente dalla componente ossigena e a nulla vale quella azotica. Stabilita finalmente l'inerzia delle arie mefitiche, i modesti fenomeni luminosi (che continueranno a verificarsi) saranno letti d'ora in poi come segnale dell'inevitabile contaminazione e non di reattività, come aveva concluso Götting (e come per mesi aveva fatto lo stesso Spallanzani). Tutto torna. E quando qualcosa "non combina", l'iterazione delle esperienze deve levare quelle che possono essere solo contraddizioni "apparenti".¹²² La caccia diventa alla minor quantità d'ossigeno ancora capace di attivare il fosforo in azoto e al minor volume d'azoto in grado di rendere inerte l'aria atmosferica. Il computo tuttavia non è mai sicuro, anche mettendo nel conto la percentuale di aria vitale che il reattivo non riesce a togliere.

Spallanzani lavora sulle procedure produttive dell'azoto e confida molto nel metodo messo a punto da Berthollet per ottenerlo dalla parte fibrosa del sangue. "Oggi sono giunto finalmente ad avere dell'azotico gas puro" – scrive molto soddisfatto il 13 gennaio.¹²³ Invero, i soliti test rivelano (modesta) contaminazione di ossigeno e di gas acido carbonico, alla quale bisogna aggiungere – e lo scienziato se ne ricorda solo il giorno dopo – la percentuale di aria vitale che il fosforo non può assorbire. Ciò non di meno, anche questo azoto pare illuminarsi solo per aggiunte di ossigeno e con aumento adeguato della temperatura. Il forte odore nitroso però insospettisce e in modo ancor più potente agiscono su Spallanzani le letture chimiche che ha in corso. La vecchia abitudine di lanciarsi in settori inediti, ricostruendo la bibliografia in itinere, tradisce più del

122. *Ibid.*, p. 204.

123. *Ibid.*

protocollo inaffidabile. Il biologo infatti lavora e contemporaneamente studia gli *Eléments* di Fourcroy, scoprendovi con dispetto un'importante precisazione procedurale di cui non ha tenuto conto.¹²⁴ Trattata la fibra muscolare con acido nitrico, il primo che si sprigiona è azoto, seguito però da gas nitroso: se non si interrompe l'operazione e non si sostituiscono prontamente le campane per la raccolta, l'azoto ne sarà inquinato. Spallanzani tenta di por rimedio, ma non è neppure in grado di produrre la temperatura di cui legge nell'autore francese. Ha infatti portato l'acido ad ebollizione, quando il calore non doveva essere eccessivo.

Il biologo riprova generando azoto da aria atmosferica tenuta per 24 giorni sopra una soluzione acquosa di fegato di zolfo. Tuttavia, a 5°R e al buio, la luce del fosforo riappare, aumenta col calore e l'ascesa dell'acqua nell'eudiometro è evidente. Sembra incredibile che, dopo tanto tempo, l'ossigeno non sia stato del tutto assorbito. Ripetere e variare l'esperimento "sarà decisivo":¹²⁵ Spallanzani ovviamente non lo scrive, ma il suo esito potrebbe – *horribile dictu* – rimettere in discussione tutti i punti fermi appena stabiliti. Nel frattempo rilegge Fourcroy,¹²⁶ che è assai critico circa l'affidabilità della metodica. L'ansia monta e la mattina del 18 gennaio l'azoto in questione è subito esaminato con l'eudiometro ad aria nitrosa, che verifica il solito centesimo di ossigeno. Non fa dunque meraviglia che il fosforo brilli e il mercurio dell'apparecchio si copra di una patina nata dai fumi del minerale e in grado di arrossare l'eliotropio.

Con la consueta testarda perseveranza, lo scienziato varia ed estremizza la procedura. L'azoto viene tenuto di nuovo per giorni sopra il solfuro di potassio e sottoposto a test quotidiani. L'aria vitale va scemando, ma non è mai del tutto eliminata. E con essa vanno scemando anche i fenomeni reattivi, malgrado ogni riscaldamento. L'impurezza conferma la chimica nuova e, nel caso specifico, spiega finalmente perché a ogni travaso i bagliori riprendano. "Mi è venuta un'idea che parmi felice"¹²⁷ – scrive Spallanzani il 20 gennaio: a seguito della combustione del fosforo in aria comune, gli ottanta gradi di azoto ottenuti sono – come si sa – contaminati da almeno sei o sette parti di aria vitale. Quindi, se i bagliori si riaccendono a ogni travaso ("non sempre, spessissimo almeno") è perché nuove, sia pur minime, quantità di ossigeno aumentano quel 6-7% che da solo già risultava "troppo avviluppato dal gaz azotico" per essere "attratto" dal fosforo.¹²⁸ Parimenti accade quando si agita l'acqua o il mercurio per togliere al fosforo la nota umidità acida. In tal caso si pretende di togliere un ostacolo all'azione del gas. In realtà la patina non impedisce al fosforo di brillare in aria atmosferica e, per contro, una volta esaurito l'ossigeno, la sua asportazione non riattiva lo sfavillio. A questo punto non c'è più alcuna necessità di ricorrere

124. Fourcroy, *Eléments*, cit., vol. IV, p. 299.

125. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 206.

126. Fourcroy, *Observations sur le gaz azote*, cit., p. 48.

127. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 207.

128. *Ibid.*

(con Götting) né all'umidità acida, che ricopre il fosforo, né alla fosforizzazione dell'aria azotica. L'azoto non diventa inerte perché inquinato dal fosforo, né il fosforo si spegne perché la crosta impedisce il contatto con il gas. Le manovre (di agitazione o travaso) sono piuttosto ciò che fa convergere la rara aria vitale superstite e riaccende momentaneamente la reazione.

Spallanzani prepara inoltre azoto nella boccetta con rubinetto, cioè secondo la procedura già praticata e nota attraverso il saggio di Götting. Cessata la combustione del fosforo, la valvola viene aperta sott'acqua, il liquido entra con violenza (occupando lo spazio lasciato libero dall'ossigeno) e l'azoto ottenuto è trasfuso in altra boccia con acqua. Spallanzani itera per tre volte e quindi introduce nella boccetta (per quantità pari all'acqua) l'azoto via via accantonato. Riscaldando, fumo e luce risultano finalmente debolissimi e le combustioni paiono aver esaurito l'ossigeno: l'acqua infatti non riesce *quasi* più a penetrare. Il fosforo ha dunque eliminato tutta l'aria vitale che può eliminare. Rimpiazzato anche “questo quasi niente”¹²⁹ con azoto accantonato nella boccia, né fumo né luce si manifestano, neppure facendo fondere il reattivo al calore della fiamma, né alcunché viene assorbito. Questo azoto è subito sperimentato nell'eudiometro, ma l'esito è ancora deludente, perché non è molto diverso da quelli avuti con gas prodotto nel dispositivo di Giobert. Certo, in aria azotica sottoposta a un unico passaggio (in luogo dei tre citati, e quindi meno depurata di ossigeno), la luce è quasi doppia e conferma la stabilita proporzionalità. La prova è dunque nuovamente giocata sull'impurezza, ma per il biologo è “bellissima”.¹³⁰

Spallanzani non desiste e rilancia lasciando agire per giorni la soluzione di fegato di zolfo su azoto prodotto nella boccetta e l'ampolla, regolarmente agitata, viene inoltre posta sopra la stufa nella speranza che il calore catalizzi la reazione. Ma la doppia procedura non cambia il risultato. Traslato il gas nell'eudiometro, il fosforo si illumina e il test ad aria nitrosa rivela l'ennesimo residuo d'ossigeno, contro il quale nulla può dunque il solfuro alcalino. O per lo meno, nulla può – apprendiamo dal diario – il fegato di zolfo che Spallanzani scrive di aver avuto dai dimostratori del laboratorio di chimica dell'ateneo, dei quali, evidentemente, poco si fida.

Il 27 febbraio si ritenta, facendo agire il reattivo non su azoto, ma su gas nitroso. La quantità d'ossigeno da assorbire dovrebbe essere minima e più facile sarà quindi ottenere azoto ragionevolmente libero da contaminazioni. Il metodo sembra quello giusto, anche se la lettura pressoché contestuale del *Traité* di Brisson¹³¹ smentisce l'originalità della manovra. Originalità che, per altro, poco importerebbe, se l'azoto prodotto fosse effettivamente puro, cioè si realizzasse il miraggio sempre rincorso e mai conseguito. Invece, dopo dodici giorni d'attesa, il fosforo risplende e il risultato non cambia neppure con gas che, in bottiglie sigillate e capovolte nell'acqua, sta sopra la soluzione da più di due mesi: aperte

129. *Ibid.*, p. 208.

130. *Ibid.*

131. Cfr. Brisson, *Traité*, cit., vol. II, pp. 36-37.

sott'acqua, il liquido vi entra con violenza – segno che dell'aria è stata assorbita – ma fumo e luce indicano ancora presenza di ossigeno, confermata dal gas nitroso. Prolungare oltremodo la reazione non serve.

Dal gas l'attenzione si sposta al fosforo e al mercurio. Entrambi sembrano inseparabili da tracce di acidità che potrebbero confondere i giochi. Causa ne sono forse – riflette lo scienziato – i pochi istanti in cui il minerale rimane esposto all'aria prima di essere introdotto nello strumento. Per superare la criticità, si appende il fosforo in un tubetto, lo si riempie d'acqua e sott'acqua si lava e rilava il reattivo. Spallanzani toglie il liquido il più velocemente possibile, immette mercurio e attraverso quest'ultimo introduce l'eliotropio, che però di nuovo si arrossa. Il fosforo inizia dunque già ad acidificarsi quando l'acqua viene versata e il mercurio introdotto. Tuttavia non vira al rosso il reagente che è restato in fondo al tubetto a contatto col fosforo: l'acidità potrebbe provenire proprio dal metallo liquido o addirittura dai residui di preparazioni precedenti. Si torna con la memoria alla traccia oleosa d'acido vitriolico che, lasciata dall'approntamento dell'idrogeno, forse non è mai stata del tutto tolta. È in effetti sufficiente versare dell'eliotropio sul mercurio del tinazzo perché assuma colore rosato: "ecco adunque donde è nato l'equivoco".¹³²

L'"equivoco", forse per istintiva associazione d'idee, richiama le tesi tedesche sulla crosta acida. La sera stessa il biologo allestisce un eudiometro con aria comune e la combustione del fosforo produce una grande quantità di acido, che lo copre, ma non è affatto d'ostacolo alla reazione. La crosta di Götting – riconferma limpidamente Spallanzani – è quindi banale acido fosforico e non è certo essa che in azoto impedisce la luce. Il 23 gennaio lo scienziato realizza anzi che, viziati com'erano dalla contaminazione acida, del tutto inattendibili sono gli esperimenti in idrogeno e in azoto nei quali ha ritenuto di verificare l'ossidazione del fosforo, determinata quindi da tutt'altro e non certo dai gas. Ma come liberare il mercurio da quelle tracce persistenti? Si prova a trattare con eliotropio, ma la cosa non funziona.

La criticità è aggirata rispostando l'attenzione al fosforo, cioè lavandolo e agitandolo in mercurio. Si itera in aria comune (l'esperimento è "importante") e bisogna ammettere: "è certo che la lavatura ha non poco giovato ad accrescer la luce".¹³³ L'acido fosforico può dunque avere un'efficacia 'negativa', ma nessun bagliore è in alcun modo ridestabile una volta che l'eudiometro indica un consumo d'ossigeno pari alle canoniche 20 parti centesime. Negli ultimi giorni del mese di gennaio l'efficienza dei reattivi per ottenere puro azoto e l'utilità dei lavaggi per combattere l'acidità vengono testardamente riprese e vagliate. Sul primo fronte si riesce a fare ben poco: si può variare la procedura, moltiplicare le avvertenze, evitare al possibile gli inquinamenti accidentali, ma ciò che fosforo e fegato di zolfo riescono ad assorbire è dato ed è quello sin dalla prima accensione.

132. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 210.

133. *Ibid.*, p. 211.

Indirettamente legato alla questione dell'acidità è invece un problema già intravisto e che ora si ripropone. Spallanzani ha escluso – come s'è visto – la necessità di ricorrere all'azoto fosforato di Götting per spiegare fenomeni che risultano normalmente inquadrabili nei principi della chimica lavoisieriana. E invece il 24 gennaio “l'aria azotica che si va via via fosforando”¹³⁴ ricompare nel diario e “sento dire”¹³⁵ – scrive il biologo – che per il collega di Jena quella contaminazione da fosforo è ragione della minor luce emessa dal reattivo in azoto. Senza ulteriore motivo apparente, si riprende dunque in considerazione la possibilità, già abbondantemente esclusa, che l'azoto *diventi* inerte a causa di “particelle fosforose attaccatesi”.¹³⁶ L'acqua le rimuove, riaccendendo la reazione, mentre il mercurio si rivela incapace di purgare l'azoto dall'“infezione contratta col fumo fosforico”.¹³⁷ Si ripete il bagno nel mercurio, si passa e ripassa il minerale attraverso il metallo liquido e nulla accade. Gli eventi sono di nuovo definiti assai vicini al “sentimento di Gottling”,¹³⁸ ma Spallanzani non azzarda un rovesciamento di posizioni e conclude piuttosto alla nocività del mercurio.

Lavorando con tubi lunghi e graduati (dove la luce del fosforo è manifestissima in aria atmosferica e quello dell'azoto è “falso fumo”¹³⁹ con fiammate di breve durata) il biologo agisce inoltre sulla variabile ‘spazio’. Ritesta infatti l'azoto in un “eudiometrico”,¹⁴⁰ che aveva già fatto la sua comparsa in laboratorio e nel quale la luce risulta sempre fugace. La situazione può essere però ulteriormente destabilizzata e il biologo ci prova unendo all'aria comune percentuali crescenti di azoto (sino al massimo consentito dalla capienza). Esperimenti di controllo eseguiti in un secondo apparecchio con aggiunte di aria atmosferica hanno un risultato ad effetto: la luce è identica nell'uno come nell'altro caso e l'esito non cambia neppure sbilanciando in modo radicale il rapporto fra le due componenti della miscela. Le cose, che nell'estate precedente sembravano andare in modo diverso, stanno prendendo una piega inquietante. Forse è in vista un rilancio della tesi tedesca: le combustioni ripetute scavano nel fosforo una cavità zeppa di “ritonde goccioline”¹⁴¹ e sono queste ultime – scrive Spallanzani – che in azoto estinguono la luce del reattivo. E ancora: riscaldando al calore della bocca, i bagliori in aria comune triplicano, ma ciò conferma solo che “in bassa temperatura l'aria azotica si fa più onore dell'atmosferica, non così in temperatura meno bassa”.¹⁴² L'ambiguità delle espressioni è evidente ma, intrecciando le variabili in gioco, il riassetto è molto rapido: per far

134. *Ibid.*, p. 212.

135. *Ibid.*

136. *Ibid.*, p. 216.

137. *Ibid.*

138. *Ibid.*

139. *Ibid.*, p. 214.

140. *Ibid.*

141. *Ibid.*

142. *Ibid.*, p. 218.

rilucere il fosforo al freddo, l'aria vitale ha semplicemente necessità di maggior azoto. E la cosa è "naturalissima".¹⁴³

Procedono inoltre le manovre per produrre idrogeno secondo il già citato "nuovo metodo". Il 30 gennaio, oltre agli strumenti consueti, compare l'"uovo di vetro",¹⁴⁴ che contiene la limatura metallica in soluzione acquosa di acido solforico. L'aria infiammabile così ottenuta viene raccolta in tubetti sotto il battente del mercurio e quindi testata in due eudiometri pieni di tintura di tornasole e con pezzi di fosforo ben circondati dal gas. Nei due dispositivi le condizioni sono identiche, ma nell'un caso si dà fumo e qualche traccia rossastra, nell'altro non si verifica né luce né il minimo segno di acidità. L'esito è importante perché conferma l'inerzia dell'aria infiammabile quando essa è davvero pura, ma inquieta anch'esso, dato che la stessa tecnologia di produzione e raccolta offre, in modo del tutto casuale, ora la purezza ora la contaminazione da ossigeno, che nel primo caso è effettivamente attestata dall'aria nitrosa. Con l'azoto, l'inquinamento è la regola, cioè è l'elemento calcolabile e dominabile; con l'idrogeno la certezza andrà cercata diversamente. Ma altro viene alla ribalta.

Il 23 gennaio la potenza della luce sull'aria vitale si riprende la scena. Spallanzani allestisce i campioni e qualche giorno più tardi nota al solito che, con gas esposto al sole, la temperatura necessaria per la reazione è decisamente inferiore. Testa (e ritesta) con aria nitrosa, quantifica il "deterioramento",¹⁴⁵ ma intatto non risulta neppure l'ossigeno tenuto all'oscurità. Torna quindi alla ribalta il calore, che potrebbe indicare una via d'uscita ancora compatibile con la chimica lavoisieriana. Il caldo infatti vaporizza l'acqua rilasciando componenti inquinanti. Senza por tempo in mezzo, la situazione viene riprodotta mantenendo il calore, ma sostituendo all'acqua il mercurio e coprendo il contenitore con il vecchio cartoccio opaco. La ricerca è però subito interrotta dai risultati di altri esperimenti.

Il 31 gennaio Spallanzani torna ad analizzare con aria nitrosa due campioni d'ossigeno, entrambi protetti dalla luce e conservati sopra il mercurio, ma tenuti l'uno al freddo e l'altro sulla stufa. I risultati presentano uno scarto insignificante e il biologo sembra confermarsi in quanto ha già stabilito più volte (salvo ogni volta tornare sui propri passi): il "difetto",¹⁴⁶ che l'aria vitale contrae al sole, non proviene dalla temperatura. Si mantiene quindi il riconoscimento dell'efficacia della luce che resta l'unico punto di convergenza con Götting. In realtà, sino alla fine dell'avventura con la chimica, ci saranno altri cedimenti ad aspetti diversi della dottrina tedesca, ma saranno episodi momentanei, in genere connessi a dubbi ricorrenti (e più che comprensibili) sulla correttezza della sperimentazione, l'applicazione delle procedure e l'affidabilità degli strumenti.

143. *Ibid.*, p. 219.

144. *Ibid.*, p. 220

145. *Ibid.*, p. 214.

146. *Ibid.*, p. 221.

IV.9. La magia della scrittura

Tra la fine di gennaio e i primi del mese successivo Spallanzani rilegge il centinaio di note giornalieri che ha redatto a partire dal 25 giugno dell'anno precedente e ne compila il già citato riassunto. Probabilmente sulla base di quel lavoro di estrapolazione, e quindi per la 'magia della scrittura',¹⁴⁷ risultati ben poco univoci iniziano ad assestarsi e dal disordine dei dati si dipana la regolarità dei fatti, che Spallanzani finalmente sintetizza nella nota del 31 gennaio. Fatto determinabile è la proporzionalità complessa tra i fattori che rendono possibile la reazione in ossigeno: tempo d'attesa, temperatura, percentuale d'azoto. Il primo si accorcia o si allunga in relazione alla seconda, la quale a sua volta può richiedere una componente azotica corrispondentemente maggiore o minore. Fatto determinato è la relazione inversa fra la purezza dell'azoto e la reattività del fosforo. Di conseguenza, l'agitazione dell'azoto rinvigorisce momentaneamente i fenomeni perché essa in realtà riunisce l'aria vitale superstita e l'avvicina al reattivo; lo stesso accade a ogni aggiunta, che è quindi anche aggiunta di ossigeno. Per contro, la luce si spegne quando le particelle di aria vitale vengono allontanate dal fosforo a causa di una quantità ormai eccessiva di azoto. Le cose vanno allo stesso modo se il gas è quasi puro, cioè quando l'azoto è prodotto da aria atmosferica lasciata sopra la soluzione di fegato di zolfo per il tempo necessario. Le successive esperienze in ossigeno, aria comune e azoto diventano "fortissima prova" della proporzionalità inversa tra luce fosforica e presenza di azoto, "quando nella teoria di Gottling dovrebbe accadere il contrario".¹⁴⁸ Se però (a bassa temperatura) dosi di ossigeno vengono ripetutamente aggiunte all'aria atmosferica, la combustione diminuisce e infine si spegne. Si tratta certo di "novità" inquietante che induce a ripetere l'esperimento, ma l'iterazione traduce il 'nuovo' nel 'regolare': "il fenomeno è costante".¹⁴⁹ Quanto meno a bassa temperatura, l'ossigeno ha bisogno dell'azoto.

Spallanzani regola i conti anche con la consaputa "umidità acida". Crosta o non crosta, i bagliori riprendono a ogni aggiunta e pure quando l'acqua lava il fosforo, ma non asporta la pellicola. Quindi la cessazione della luce non può derivare da essa. Né c'è alcun bisogno di ricorrere alla fosforizzazione dell'azoto: la luce non si spegne perché l'azoto diventa fosforato, ma semplicemente perché esso è in sé inerte. E con ciò lo scienziato conclude quanto non ha mai avuto possibilità di esperire direttamente, vale a dire la costituzionale inettitudine dell'azoto (puro) alla combustione del fosforo. A questo punto lo scienziato è pronto per riaffrontare i casi dell'idrogeno.

147. Per il rapporto fra "esperienza empirica" ed "esperienza testuale" nella scienza di Spallanzani e per la complessità che lo connota cfr. Monti, *Spallanzani e le rigenerazioni animali*, cit.; Monti, *Storie di animali*, cit.

148. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, pp. 226-227.

149. *Ibid.*, p. 224.

La sera di quello stesso 31 gennaio vengono ripresi "metodo vecchio" e "metodo nuovo" per la produzione dell'aria infiammabile e Spallanzani è ancora più chiaro nella valutazione del rischio d'inquinamento da aria atmosferica e quindi circa l'affidabilità degli esiti. Nel primo caso la limatura metallica è posta in un grande vaso di vetro che, collocato dentro l'acqua, è ben lungi dall'essere completamente riempito dalla soluzione d'acido vitriolico e quindi contiene non poca aria comune. L'idrogeno prodotto ne è dunque inevitabilmente contaminato e infatti induce nel fosforo fumo copioso e luce nelle tenebre. Alla stessa temperatura, il "metodo nuovo" usa il piccolo uovo pieno di acido, comunicante per il tubo pneumatico con l'apparecchio a mercurio e quindi impedisce l'accesso a qualsivoglia altro gas inquinante. Si ottiene così aria infiammabile che, negativa al test dell'aria nitrosa, finalmente non provoca reazione alcuna nel minerale. Il giorno successivo si hanno invece gli eventi con intensità proporzionata alle quantità d'ossigeno via via aggiunte e non si ha reazione unendo azoto (pur prodotto secondo il metodo di Giobert), con perfetta indifferenza all'azione del calore. O meglio: in temperatura più alta, l'idrogeno scatena certamente fumi (e questo spiega ciò che in passato può aver ingannato l'occhio), senza determinare però bagliori e acidità.

Il quadro s'allarga: "questa sera ho cominciato le sperienze con l'aria fissa" – scrive Spallanzani il 2 febbraio 1796.¹⁵⁰ Ne riempie il solito tubetto, dove è appeso il fosforo che dà luce assai viva, mentre nell'eudiometro l'abbondanza di fumi innescati dalla fiamma ricorda gli eventi dell'aria atmosferica. Aumentare la quantità di gas acido carbonico spegne tuttavia i fenomeni: l'esito è problematico. L'8 febbraio la situazione si delinea meglio: il fluido elastico è naturalmente solubile all'acqua (che ne diminuisce assai la quantità), è positivo al gas nitroso (contiene ovviamente ossigeno) e probabilmente è anche inquinato d'azoto. Quando l'aria fissa è invece "veramente" priva di ossigeno, essa risulta del tutto inerte, indipendentemente dal calore: "il fatto è sicurissimo".¹⁵¹ Il gas in questione, in realtà, contiene *costituzionalmente* una percentuale d'aria vitale e Spallanzani fa quindi una notevole confusione circa la sua reale composizione. Tuttavia, proprio su questo 'errore', lo scienziato costruisce uno dei rari attacchi che già nel giornale di laboratorio colpiscono *apertis verbis* la fragilità delle procedure di Götting. Quando, nella sua "lunga serie di esperimenti", il collega tedesco mostra il fosforo reagire nell'aria in questione, è inevitabile concludere all'inquinamento: "ecco come con un solo esperimento si troncano tante ricerche".¹⁵² L'azoto non è dunque l'unica aria mefitica che riesca ad attivare il fosforo (anche a bassa temperatura), se adeguatamente miscelata con l'ossigeno (cioè tenendo conto dei diversi pesi specifici), ma ciò non ne corregge l'inerzia intrinseca. "L'esperimento è significante" – annota Spallanzani, che subito aggiunge: "conviene però ripeterlo".¹⁵³

150. *Ibid.*, p. 225.

151. *Ibid.*, p. 250.

152. *Ibid.*

153. *Ibid.*, p. 251.

Torna il dubbio della variabile spaziale, già intravista e forse sottovalutata: non sarebbe la prima volta che Spallanzani ha risultati controversi forse legati al calibro dei contenitori. Nel tubetto consueto è infatti immessa una porzione di azoto (al solito impuro), il quale produce nel reattivo luce ben viva. Aggiunta una dose minore di ossigeno, i bagliori si spengono, non riprendono con travasi e aggiunte ripetute, ma si riaccendono trasferito il gas in eudiometri di capacità diversa. Ecco dunque l'ossimoro di una "anomalia"¹⁵⁴ che si registra costante: il fatto è tanto sicuro quanto inspiegabile. "Convorrà pensarvi sopra" – scrive il biologo.¹⁵⁵ A impedire la reazione potrebbe essere, di nuovo, non l'inerzia dell'azoto, ma l'inadeguata dimensione dello strumento. Il sospetto va tolto, perché rischia di riaprire i giochi, e in effetti con un tubo di maggior capienza il gas si mostra attivo. A questo punto lo scienziato rilancia e complica la scena introducendo una variabile nuova. Aggiunge una quantità di ossigeno non specificata (ma notevole) e la luce si spegne. La miscela, inerte nel tubo, viene testata in due eudiometri: con ottima luce nel dispositivo "che termina superiormente in punta" e solo deboli bagliori nell'apparecchio "largo all'estremità".¹⁵⁶ La conclusione è incerta: nel caso delle miscele, potrebbe essere necessario uno spazio angusto perché le due componenti operino di concerto. Ma trasportato il tutto al tubetto, i fenomeni si spengono. Altri risultati instabili metteranno però forma e volume degli apparecchi nel novero delle "accidentali combinazioni" – espressione azzeccata e frequente nel diario.

A questo punto (9 febbraio 1796), e grazie all'ignoto collaboratore che – come s'è visto – traduce per Spallanzani il "Neues Journal der Physik", il biologo legge il contributo di Lempe e Lampadius¹⁵⁷ e ne è preso al punto da tornare sulla questione già chiusa dell'"umidità acida" che ricopre il fosforo in combustione. Il "manoscritto" misterioso, che lo scienziato ha per le mani, da essa distingue invero la "corteccia di acido condensato",¹⁵⁸ che si forma in aria comune quando quest'ultima è perfettamente prosciugata per azione dell'alcali caustico. Spallanzani ricrea condizioni di totale assenza di umidità usando il muriato (i.e. cloruro) di calce, steso sopra la superficie del mercurio di cui riempie l'eudiometro, e immette aria comune. La reazione avviene, ma si spegne prima che siano consumati i canonici venti gradi: la formazione della "patina acida ed asciutta"¹⁵⁹ richiede l'applicazione esterna della fiamma, perché al normale calore ambiente il fosforo non riesce a combinarsi con la quantità d'ossigeno che è invece normalmente assorbita. Il grado di umidità è dunque una variabile già sottovalutata, di cui bisogna tener conto e che

154. *Ibid.* Nel diario Spallanzani scrive anzi: "che anomalia!" – con tanto di punto esclamativo, rarissimo nei report delle esperienze (p. 248).

155. *Ibid.*

156. *Ibid.*, p. 249.

157. Cfr. anche Spallanzani a Senebier, 27 febbraio 1796 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 373).

158. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 251

159. *Ibid.*

infatti impegnerà l'autore negli ultimi giorni del marzo 1796. In mercurio, la formazione della crosta acida e secca appare dunque un fenomeno irregolare nell'impedire i bagliori, ma combustione e ascensione del liquido risultano, a parità di temperatura, costantemente più lente del consueto.

L'uso del metallo liquido non solo allunga i tempi della reazione (ciò che potrebbe anche essere ininfluenza), ma soprattutto ripropone in modo totalmente inaspettato la possibilità di dissociare luce e calore alla maniera 'tedesca'. Nell'aria atmosferica prosciugata (e al freddo) la combustione è così lenta che si manifesta un debole barlume, ma (da principio) la palla del termometro (a contatto con il fosforo pendente) non segnala aumento di temperatura. Il 1° aprile il biologo considera anzi "facilissimo"¹⁶⁰ che un tale rallentamento della combustione escluda calore percepibile e il giorno dopo si spinge sino ad ammettere la possibilità della luce "senza sensibile combustione"¹⁶¹ e quindi senza consumo di ossigeno (che si rende manifesto solo nel prosieguo). È però sufficiente alzare l'eudiometro dal mercurio e consentire l'accesso all'aria atmosferica, perché la luce cresca a dismisura e il fosforo si trovi leggermente inumidito e acido. Il calore insomma non si verifica sino a che fumo e luce s'impongono in maniera decisa: ciò che nell'esperimento di controllo (eseguito con il tubo immerso nell'acqua e il fosforo bagnato) semplicemente accade ben prima. L'umidità favorisce dunque la combinazione fra il minerale e l'ossigeno e la reazione è senz'altro una combustione con calore sviluppato dal fosforo e non dalla differenza di temperatura fra il gas e l'acqua – sottolinea Spallanzani – ma è pur anticipata da fenomeni luminosi 'freddi'.

Posta in questi termini, la questione dell'umidità torna inevitabilmente a intersecare quella della corruzione dell'ossigeno per azione della luce. Il 10 febbraio lo scienziato riprende infatti gas già testato tempo addietro con aria nitrosa. Undici giorni di permanenza sulla stufa, al buio e ora pure in condizioni di perfetta assenza di umidità, confermano che il calore non altera la reattività, pari a quella del gas tenuto al freddo e sull'acqua. La conclusione è netta: "quel pregiudizio che prova l'aria vitale restata al sole sopra l'acqua non viene né dall'acqua, né dal calor solare, ma dalla luce".¹⁶² Su questo punto almeno, la partita è di nuovo frettolosamente chiusa a favore di Götting. L'inchiesta sembra ormai giunta al termine.

IV.10. Un prodromo

Dall'11 febbraio al 13 aprile 1796, nel giornale di laboratorio riappaiono note sulla respirazione e quindi anche sul problematico surplus di azoto prodotto nel passaggio per i polmoni, dal quale tutto ha preso avvio. Spallanzani,

160. *Ibid.*, p. 268.

161. *Ibid.*

162. *Ibid.*, p. 252.

per la verità, inizia a dubitare dei suoi calcoli. Il gas residuo, introdotto nell'eudiometro dopo la morte dello specimen, è una miscela nella quale, oltre agli 80 gradi di azoto, non si aggiungono i canonici 20 gradi di ossigeno, ma i soli centesimi non assorbiti dall'animale. La cosa è ovvia, eppure il biologo si sorprende per non averne tenuto sin lì il dovuto conto. Per schematizzare la situazione, lo scienziato prescinde ora dall'aria fissa prodotta, fa pari a 10 centesimi l'ossigeno non consumato e immagina che il fosforo eudiometrico sia in grado di assorbirli completamente. A questo punto il livello dell'acqua nel dispositivo ascenderà solo fino al grado 10, indicando apparentemente la presenza di un 90% di azoto e quindi la produzione di un surplus. "Ma qui debbo riflettere" – si legge nel diario.¹⁶³ Il computo avrebbe dunque dovuto avvenire sulla proporzione di 80 a 10 (e lo strumento avrebbe dovuto essere riempito per 90 e non 100 parti), verificando un sovrappiù di azoto solo rispetto a 90 (sovrappiù che in questo caso evidentemente non si dà). "Credo che questo conto sia giusto"¹⁶⁴ – scrive Spallanzani – che però non dà corso alla revisione dei calcoli.

Continuità e intensità della ricerca chimica iniziano contestualmente ad accusare colpi, gli esperimenti ripetono per lo più il già fatto e tuttavia è proprio in questo momento che il biologo domanda a Giobert un esemplare del suo eudiometro a fosforo. La richiesta sembra fuori tempo, ma trova spiegazione in dettagli che lo scienziato rivelerà nel *Chimico esame*. Avendo sin lì fatto eseguire i propri apparecchi alla fornace vetraria pavese,¹⁶⁵ Spallanzani nota infatti con stupore che, fra il volume d'ossigeno ritrovato nell'aria cittadina e le cifre indicate nell'opera di Giobert, i conti non tornano.¹⁶⁶ La differenza, che è notevole, gli fa supporre "qualche non preveduta inesattezza" dei propri strumenti¹⁶⁷ ed è questo che, presumibilmente, lo induce a voler ripetere le analisi con un apparecchio torinese.¹⁶⁸ Giobert ha giusto a disposizione un dispositivo eseguito per le cure di un ottimo artigiano locale e l'oggetto parte alla volta di Milano, dove arriva rotto. Un secondo eudiometro è allestito, ma la lacunosità dello scambio epistolare non dà modo di seguirne la consegna.¹⁶⁹ Giobert coglie però l'occasione del carteggio per ammettere l'errore delle proprie misurazioni,¹⁷⁰

163. *Ibid.*, p. 256.

164. *Ibid.*

165. Diverso è però il caso dell'eudiometro ad aria nitrosa, per la realizzazione del quale Spallanzani cita esplicitamente l'abate Giuseppe Re, "macchinista" del Gabinetto di Fisica dell'università. Re aveva compiti istituzionali di custodia, manutenzione, restauro e collaborazione con i docenti nella preparazione delle esperienze, compiti ai quali affiancava quello di costruttore di dispositivi e assistente di Volta (cfr. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 168).

166. Giobert, *Des eaux sulfureuses*, cit., pp. 69-70; 72-73.

167. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 163.

168. Giobert a Spallanzani, 4 aprile 1796 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. V, p. 82). La lettera di Spallanzani non è conservata e sappiamo della richiesta grazie a questa risposta di Giobert.

169. Cfr. le lettere di Giobert dell'11 aprile, del 9 e 23 maggio 1796 (*ibid.*, pp. 83-85). Dall'ultima lettera apprendiamo però che, a quella data, lo strumento ancora attende un'occasione propizia per essere recapitato.

170. Nel *Chimico esame* (p. 163) Spallanzani non mancherà di riprodurre uno stralcio

segnalare l'unica illustrazione esistente del suo apparecchio (quella appunto contenuta nell'opera di Vassalli Eandi) e dare un suggerimento di procedura. Per innescare la reazione del fosforo è molto meglio avvicinare una carta accesa, invece della fiamma, che può rompere il vetro. Si tratta con tutta evidenza di avvertenze ormai superate dagli eventi e di cautele che Spallanzani ha già praticato da sé.

In questo periodo lo scienziato ha in effetti cominciato "ad alzar fabbrica",¹⁷¹ cioè lavora alla redazione di un breve articolo, in forma di lettera, che è una sorta di prodromo del saggio maggiore dato per prossimo.¹⁷² È ovviamente difficile dire se l'autore accetti i rischi dell'anticipazione pur di bruciare sui tempi l'attesa risposta dei Francesi a Göttling, o se effettivamente ritenga che i risultati dei 130 protocolli sin lì annotati siano solidi al punto da reggere l'anteprima. La fretta d'imporsi sulla scena della chimica contemporanea potrebbe del resto trovare ragioni anche nella particolare situazione dell'ateneo pavese dove, dopo la morte di Scopoli, avvenuta otto anni prima, "non si pensa più" – aveva scritto Brugnatelli – "di rischiarare la Chimica con nuovi sperimenti, o con esatte osservazioni".¹⁷³ Quel territorio, potenzialmente aperto e disponibile a un'occupazione autorevole, avrebbe potuto rappresentare una sfida importante per Spallanzani, quasi settantenne – è vero – ma dalla passione scientifica intatta. Tuttavia proprio in quell'anno – come s'è visto – la nuova cattedra di chimica fisica andrà allo stesso Brugnatelli, allievo di Scopoli, amico di Volta e soprattutto rivale di Spallanzani.¹⁷⁴

Per ciò che concerne la forma, la prima bozza dell'articolo è assai disordinata e presenta numerose varianti rispetto al testo che sarà pubblicato. Nel merito però la narrazione dei risultati è limpida, benché, per voluto *understatement*, l'autore definisca l'inizio dell'avventura null'altro che una ripetizione ludica di qualche osservazione tedesca, suscitata – quasi un "passatempo"¹⁷⁵ – dalla lettura del *Transunto* di Amoretti. Una volta messo in moto il motore della ricerca, lo scienziato avrebbe però presto inteso l'estrema delicatezza degli esperimenti, che richiedevano "tutta l'arte dell'osservatore il più esercitato".¹⁷⁶ Spallanzani ovviamente tace sia la vera occasione che innesca l'indagine sia l'accordo iniziale con punti fondamentali del *Beytrag*.

dell'ultima lettera di Giobert, nella quale il collega corregge il volume d'ossigeno già attribuito all'aria atmosferica da strumenti mal tarati e si accorda con la misurazione dello stesso Spallanzani.

171. Spallanzani a Senebier, 27 febbraio 1796 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 373).

172. Spallanzani, *Lettera intorno alle riflessioni ed esperienze del Signor Professore Goettling sulla chimica antiflogistica* [1796], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, pp. 147-154. Una prima bozza è edita in Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, pp. 271-279.

173. Cfr. la nota conclusiva di Brugnatelli alla sua edizione di Amoretti, *Transunto*, cit., p. 315.

174. Per queste vicende cfr. Ferraresi, *Valentino Brusati*, cit., pp. 161-169.

175. Spallanzani, *Lettera intorno alle riflessioni*, cit., p. 154.

176. *Ibid.*

La contestazione di Götting è ferma e abilmente costruita su quanto si è svolto finora in laboratorio, cioè è giocata sia sul molto dedotto in negativo sia sul poco stabilito per positivo riscontro sperimentale. L'eudiometro di Giobert, ad esempio, è lo strumento impreciso, ma ottimo per le osservazioni di confronto e preferibile ad altri per la sua semplicità di costruzione. L'azoto prodotto dal fosforo in aria atmosferica è notoriamente impuro, ma proprio la contaminazione smentisce Götting e dimostra che fra bagliori e aria vitale esiste un rapporto necessario e determinato, se si mettono nel giusto conto le variabili note della temperatura e dell'umidità (che Spallanzani ha acquisito di recente). Prodotto per combustione del fosforo, l'azoto tedesco brilla in quanto è inquinato d'ossigeno – come per primo ha insegnato Lavoisier e come i test confermano. “Né so comprendere come possa andare diversamente l'affare”¹⁷⁷ – finge di stupirsi Spallanzani. Non va meglio con l'azoto ricavato dalla vescica natatoria dei pesci – secondo quel che si legge in Fourcroy. Puro è invece definito il gas prodotto secondo la metodica di Berthollet – e la cosa non quadra né con la realtà dei fatti né con i resoconti del giornale di laboratorio. L'inerzia perfetta è ciò che si verifica (“se non sempre, più volte almeno”) con l'azoto “purissimo” finalmente ottenuto grazie al fegato di zolfo.¹⁷⁸ In questo caso aggiunte e travasi non innescano alcunché, ma è sufficiente unire aria atmosferica perché la luce si accenda. L'argomento è “decisivo”.¹⁷⁹ Spallanzani bypassa dunque le esperienze condotte anche da Götting con il solfuro alcalino e soprattutto tace gli esiti delle proprie, in realtà mai univoci. Ma si sa: lo scopo di un prodromo è anticipare la solidità dell'acquisito, non certo svelare la tortuosità del percorso e tanto meno le criticità resistenti.

Quanto ai fenomeni che il professore tedesco illustra come irriducibili alla *chimie nouvelle*, essi sono tanto oggettivi quanto perfettamente inquadrabili nel sistema di Lavoisier. La presenza di ossigeno spiega tutto compiutamente, in primis la debole e momentanea reazione luminosa che si verifica per aggiunte e travasi d'azoto. Ininfluenza è l'umidità acida invocata dal collega: essa non spegne la reazione, dove e sinché c'è aria vitale, e non la riaccende dove l'ossigeno è esaurito. Nella *Lettera* non c'è spazio ovviamente per la propria personale battaglia, per altro non conclusa, con “patine” e “croste” di acido.

Cade pure la dissociazione proposta da Götting tra luce del fosforo e combustione, e cade senza le incertezze che si son viste in laboratorio. In azoto (che è sempre impuro) la luce può effettivamente risultare ‘fredda’, ma solo perché la quantità di calorico liberata è così modesta da non dilatare il mercurio. I bagliori in aria atmosferica sono invece sempre associati a un aumento della temperatura che il bulbo termometrico rileva, a condizione che il fosforo sia stato ben conformato attorno ad esso – aggiunge Spallanzani. L'insinuazione implicita d'imperizia nei confronti del professore di Jena è perfida e

177. *Ibid.*, p. 151.

178. *Ibid.*

179. *Ibid.*

l'accusa di inadeguatezza torna a proposito delle manovre per produrre aria infiammabile.

Nell'idrogeno tedesco il fosforo riluce perché è banalmente inquinato da aria comune rimasta nel tubo pneumatico e nel contenitore dove la soluzione di acido solforico si meschia alla limatura metallica. Altrimenti funzionano le cose con il "metodo nuovo", che Spallanzani espone qui nel dettaglio e con il quale ha tutta l'intenzione di stringere all'angolo l'avversario. Götting, che è chimico professionale, non ha occupato con l'acido tutto il vano della boccetta, non ha riempito per bene il tubo pneumatico, né ha curato che la sua estremità fosse completamente immersa nel mercurio dell'apparecchio. E le cose non vanno in modo molto diverso con il gas acido carbonico. Spallanzani tace insomma la contaminazione delle *sue* arie mefitiche, l'attribuisce piuttosto all'inavvertenza tedesca, la usa a sostegno della propria tesi e su di essa specularmente costruisce una condizione di purezza che in realtà non ha mai conseguito. Evidentemente nel privato del laboratorio lo scienziato ha accettato ed elaborato l'uso dell'imperfezione, ma non ha ancora conseguito la sicurezza epistemologica necessaria per mostrarla e farne uso nel teatro della comunicazione pubblica.

Le posizioni di Götting cedono una dopo l'altra all'assedio retorico di Spallanzani, che tiene per ultimo l'attacco a quello che considera l'argomento più antilavoisieriano, vale a dire l'inerzia dell'ossigeno migliore (quello da calce mercuriale), vinta solo dalla contaminazione con azoto. La tesi del collega è, in questo modo, a tal punto semplificata che, per demolirla del tutto, basta poco. È in effetti sufficiente riprendere e ripetere l'apparato sperimentale che ha già provato la proporzionalità fra reazione e presenza d'aria vitale ed è in accordo pieno e dichiarato con le esperienze francesi più note. Dimostrata è non solo l'inerzia dell'azoto, ma finanche la sua accidentalità nelle miscele – come del resto già aveva ben illustrato Lavoisier. L'azoto può infatti essere sostituito da qualunque altro gas mefitico: il risultato non cambia – a condizione di realizzare composti ben omogenei malgrado i diversi pesi specifici, come, giusto da ultimo, il biologo aveva rimarcato in laboratorio. Götting è implicitamente accusato di non aver tenuto in giusto conto il grado di calore e di non aver dato tempo a sufficienza perché la reazione s'ineschi in ossigeno. Si tratta invero di avvertenze di metodo che il professionista tedesco ha in realtà praticato, ma la scelta è ormai quella di incalzare sul terreno dell'imperizia sperimentale e Spallanzani non esita a forzare la mano. Perché invece, a bassa temperatura, sia necessaria la combinazione di ossigeno e azoto, è questione che il prodromo rimanda al saggio maggiore.

L'unico punto di convergenza resiste nel "vizio"¹⁸⁰ che l'ossigeno contrae per esposizione alla luce. Anche nell'articolo appare infatti il termine ambiguo, già usato nel diario, e anche qui il biologo bypassa i fondamentali teorici del sistema tedesco e perciò non coglie come proprio questo punto ne riveli la dimensione più insidiosamente antilavoisieriana. Spallanzani rivendica piutto-

180. *Ibid.*, p. 153.

sto di aver perfezionato la procedura praticata da Götting che, conservando l'ossigeno sopra l'acqua, lo espone – di nuovo con imperizia – alla contaminazione con l'aria atmosferica sprigionata. Si è dunque sostituito all'acqua il mercurio, ottenendo gli stessi risultati. Ma non solo. Il biologo ha sgombrato il campo dal sospetto che, attivo sull'aria vitale, sia il calore e non la luce dei raggi solari, cioè ha posto il gas sulla stufa e l'ossigeno è rimasto puro. L'azione della luce – beninteso – permette solo che l'aria vitale inneschi la reattività del fosforo a temperatura minore. Spallanzani non si arrischia a concludere la metamorfosi dell'ossigeno in azoto e annuncia piuttosto di essersi chiesto in quale gas “degeri” l'aria vitale, se esista proporzionalità fra “degenerazione” e tempo dell'esposizione e finalmente se qualcosa di analogo accada pure all'ossigeno atmosferico.¹⁸¹ Ma, in questo prodromo almeno, gli interrogativi restano aperti. L'unico elemento di accordo con Götting è dunque pure l'unico che svela l'azzardo dell'operazione. Qui è evidente che la fretta agisce sulla fondazione sperimentale del costante, costruito a partire da generalizzazione di dati insufficienti: proprio ciò di cui ripetutamente l'articolo accusa l'avversario.

La *Lettera*, datata 16 aprile 1796, è indirizzata ad Amoretti, che infatti la pubblica a tamburo battente negli “Opuscoli scelti”,¹⁸² dove – quasi a rafforzare la presenza ‘chimica’ di Spallanzani – compaiono anche la citata *Descrizione* dell'eudiometro e il saggio *Sperimenti per conoscere la differenza fra il gaz idrogeno naturale, il metallico, e quello delle paludi*, estratto dai *Viaggi* senza alcuna modifica.¹⁸³

IV.11. La luce

Redazione e pubblicazione della *Lettera* non concludono la ricerca chimica, che riprende con frequenza quotidiana dal 17 aprile e lo fa con l'analisi della consaputa aria infiammabile raccolta alla salsa di Querciola sette anni prima e conservata sopra l'acqua in bottigliette capovolte a turacciolo smerigliato. Spallanzani trasferisce il gas nell'eudiometro, dove si dà fumo e modestissima luce. Rimesso in un tubetto, esso si accende con fiamma esile e dimostra quindi di non aver perso, ma certo indebolito la sua natura. L'osservazione è, con tutta evidenza, estemporanea, ma unisce due elementi interessanti: l'uso di quella particolare tipologia di boccette e la conservazione sopra l'acqua, che – ormai si sa – è ambiente potenzialmente inquinante. Analizzare un gas che vi sta da sette anni indica con chiarezza la volontà di portare al limite la verifica dell'e-

181. *Ibid.*, pp. 153-154.

182. Il saggio esce, identico e pressoché in contemporanea, anche nel fascicolo di marzo (!) della rivista veneziana “Memorie per servire alla storia letteraria e civile” (1796, marzo, pp. 51-58).

183. Spallanzani, *Sperimenti per conoscere la differenza fra il gaz idrogeno naturale, il metallico, e quello delle paludi*, “Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti”, 1796, XIX, pp. 178-194.

ventuale degenerazione. D'altra parte, le bottigliette a chiusura ermetica non sono, in quanto tali, una novità procedurale, ma nuovo sarà, a breve, l'uso che Spallanzani inizierà a farne per escludere ogni liquido dalla conservazione dei fluidi elastici.

L'ultima stagione sperimentale è pressoché interamente dedicata al vaglio e alla finale contestazione dell'unico punto rimasto in sintonia con Götting. Dopo sette giornate di lavoro, gli esiti annotati nel diario sono infatti tutt'altro che univoci circa le azioni del sole e dell'acqua, combinate o singolarmente prese. Ciò non di meno, Spallanzani inizia a compilare un secondo riassunto dei protocolli redatti fra il 25 giugno 1795 e il 25 aprile dell'anno in corso,¹⁸⁴ forse convinto che la sperimentazione non possa più riservare novità e che la redazione del saggio maggiore sia imminente. Lo scienziato non ripercorre, per lo più, le pagine del diario, ma usa il transunto precedente e i riassunti non vengono disposti seguendo la successione cronologica delle note, ma sono già organizzati e divisi nei capitoli del libro futuro. L'intenzionalità dell'operazione è quindi l'allestimento della scrittura secondo il progetto narrativo esposto nella *Lettera*, piuttosto che la strutturazione delle idee (che l'autore ritiene con tutta evidenza ormai avvenuta). Spallanzani infatti propriamente non riassume, ma interpreta gli appunti e quindi non esita a escludere ciò che in generale vi risulta favorevole a Götting. Beninteso: non falsifica dati, ma costruisce fatti, quindi via via marginalizza ciò che *ora* sa essere irregolare e contingente, oppure ribalta la prima lettura favorevole al sistema tedesco e usa il successivo inquadramento corretto per dare l'idea di una progressione lenta, ma inesorabile e perfetta. Nel riassunto precedente la rilettura aveva spianato dubbi e costruito certezze; adesso, invece, essa ha la forza di esplicitare l'«elogio dell'imperfezione». Il costante, quasi facendo di necessità virtù, è l'impurezza dei gas.

Nelle parti dedicate al «vizio» contratto dall'ossigeno è però proprio la disposizione tematica dei riassunti a mostrare visivamente ciò che Spallanzani non rimarca in modo esplicito: le verifiche condotte non sono state risolutive. Ben dieci volte, invece, la mano dell'autore appone un «si ripeta l'esperimento» proprio a margine del soggetto stabilito da più tempo, cioè la reazione del fosforo in percentuali diverse di ossigeno e azoto. Quali che siano i pensieri riposti dell'autore, la sperimentazione riprende il 30 aprile, massimamente orientata all'azione della luce e nella nota di quel giorno colpisce una radicalità di parole che riflette la radicalità del convincimento. L'analisi eudiometrica dimostra infatti che l'aria comune, rimasta in un tubo sopra l'acqua per 52 ore di sole, non solo risulta «pregiudicata», ma almeno tre gradi di ossigeno si sono proprio «distrutti».¹⁸⁵

La luce – aveva iniziato a riflettere Spallanzani nella *Lettera* ad Amoretti – corrompe l'ossigeno del laboratorio, ma non ha effetto sull'atmosfera terrestre e agisce solo quando il gas è testato nell'unico modo in cui è possibile farlo,

184. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, pp. 281-304.

185. *Ibid.* p. 304.

cioè in tubi, eudiometri e boccette. Il fatto è ovvio, ma diventa ora dubbio di variabile parassita. Potrebbe essere la lunga permanenza nel “chiuso” ciò che fa misteriosamente scomparire percentuali d'aria vitale: “l'esperimento è interessante” – si legge nel diario¹⁸⁶ – ma la linea di ricerca è presto interrotta, perché nel mese di maggio Spallanzani lascia Pavia a seguito delle vicende politico-militari che sconvolgono l'area padana, raggiunge Scandiano ed è distratto da nuove gite alle salse dell'Appennino e dall'analisi eudiometrica delle loro arie infiammabili.¹⁸⁷

L'inchiesta maggiore riacquista il ritmo dei periodi precedenti solo a partire dai primi di giugno. Viene innanzi tutto ripreso un fenomeno di possibile contaminazione, che ora lo scienziato rammenta di aver già notato nel laboratorio pavese, vale a dire l'ingiallimento del fosforo esposto alla luce solare. Spallanzani passa presto dall'osservazione estemporanea alla sperimentazione in serie e la situazione è riprodotta artificialmente ponendo sulla finestra un pezzo di minerale raschiato (cioè riportato al suo colore naturale) e collocato in un tubetto con acqua. In breve la parte esposta si riveste di una “corteccia bianca”¹⁸⁸ che si fa gialla, rossiccia e infine rosso cupa, mentre i campioni di controllo tenuti all'ombra non prendono che una leggera sfumatura. Estratto il fosforo dall'acqua e sezionato, il mutamento di colore non ne ha però intaccato la sostanza che, testata nell'eudiometro, non perde la sua capacità reattiva. Il confronto con una scaglia posta al sole ma schermata e con un'altra messa in acqua molto calda, prova di nuovo che, non il caldo, ma la luce genera il fenomeno – macroscopico e però dunque ininfluenza. La presa suggestiva del colore è tuttavia forte e induce lo scienziato ad avventurarsi sul terreno che gli è meno congeniale, cioè ad arrischiare confuse (e ambigue) considerazioni di chimica teorica. Forse il colore segnala la liberazione di ossigeno che, già “solidificatosi col fosforo”, viene “fuso dalla luce” e quindi emesso allo stato gassoso per azione del calorico.¹⁸⁹ È tuttavia sufficiente ripetere le manovre in un eudiometro pieno d'acqua per accorgersi che il minerale al sole ingiallisce senza emettere alcuna bolla d'aria. Le perplessità rimangono e anzi aumentano, dato che in laboratorio si verificano ripetutamente eventi controversi.

Il 10 giugno 1796 Spallanzani fa passare fosforo in aria comune dalla temperatura dell'atmosfera a quella dell'acqua di pozzo, decisamente più fredda, ma ancora compatibile con la reazione. E invece il minerale non si illumina e stenta a farlo anche quando viene riportato ai gradi di partenza. Per individuare quale sia la vera variabile in gioco, l'esperimento è ripetuto il giorno successivo e di nuovo la combustione risulta bloccata. Bisogna capire se causa del fenomeno inatteso sia la patina acida e dura che Spallanzani riferisce al freddo

186. *Ibid.*

187. Gli appunti sono editi in *ibid.*, pp. 305-307; Spallanzani, *Miscellanea di viaggi*, cit., pp. 188-190.

188. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 306.

189. *Ibid.*, p. 310.

improvviso, ma che rischia di rimettere in gioco vecchi dubbi. Lo scienziato consente infatti l'entrata dell'acqua nel tubo, lava il fosforo e quindi sostituisce all'acqua l'aria atmosferica. Il fumo non si fa attendere: pare quindi che la combustione sia stata impedita proprio dalla patina. Per accertarsene, Spallanzani varia però in modo inedito e interessante le condizioni sperimentali. Appena il fosforo inizia a fumare, riempie velocemente il tubetto con gelida acqua di pozzo, lo vuota per due terzi, vi immette altrettanta aria atmosferica e, sott'acqua, conficca il tubo capovolto nella terra di un contenitore maggiore: il fosforo non reagisce. Riportato il campione alla temperatura consueta di 18°-19°R, pochi minuti sono invece sufficienti perché i fenomeni riprendano. Non è quindi l'acido fosforico rappreso sul minerale, ma quel brusco raffreddamento che lo induce a "restringersi"¹⁹⁰ al punto da impedire la combinazione con l'ossigeno. La cosa sembra decisa.

Spallanzani ritorna a miscele con percentuali diverse di azoto e ossigeno. In temperatura decisamente mite, a cinque parti del secondo aggiunge via via, più gradi del primo, ma il reattivo non fuma e non riluce, né nel tubetto né trasferito in eudiometro. Eppure, tolta dal tubo la miscela e introdotta aria comune, il fosforo reagisce pressoché istantaneamente. Nei giorni successivi il progresso non si spiega, ma la situazione si assesta e la reazione cresce sino a che è raggiunta una presenza di ossigeno pari alla quantità normale in aria comune. Superata quest'ultima, aggiungendo di volta in volta quattro gradi d'aria vitale, i fenomeni sembrano dapprima restare stazionari, poi decisamente aumentare e quindi stabilizzarsi. Spallanzani non regge e, "vedendo che la faccenda tira troppo in lungo",¹⁹¹ decide di gestire gli aumenti ulteriori in progressione geometrica. L'innesco è più tardo e, alla prima aggiunta di 8 gradi (portati poi a 16), fumo e luce sembrano essere minori. Lo scienziato moltiplica l'ossigeno in modo compulsivo e quasi ludico (448 volte la presenza del gas in aria atmosferica), raggiunge cioè percentuali da autentica bulimia sperimentale, che non produce fruibilità dei dati, ma confusione tra cali, aumenti e stabilità della luce. La reazione si innesca costantemente più tardi, ma si sviluppa più velocemente. Non si riesce tuttavia a determinare una proporzionalità precisa rispetto agli aumenti d'ossigeno. S'interseca per di più il vecchio parametro rappresentato dal calibro dei tubi, dove la reazione già (non) avveniva per l'eccessiva larghezza. Spallanzani adotta un contenitore più stretto, nota che il fosforo, sia pur col solito ritardo, risplende per bene, ma si accorge poi che il tubetto è stato esposto all'azione della doppia variabile rappresentata dal sole caldo. Getta la miscela, torna a percentuali sostenibili, spazi adeguati e modalità sorvegliate nelle aggiunte e nei travasi: sulla scena torna e s'impone l'efficacia della luce. Un mese e mezzo prima, il 30 aprile, la luce 'distruggeva' gradi d'ossigeno: ora essa converte *apertis verbis* l'aria vitale in azoto e le parole usate schierano pienamente Spallanzani con la teoria tedesca.

190. *Ibid.*, p. 313.

191. *Ibid.*, p. 317.

Il 22 giugno ossigeno da calce mercuriale, chiuso in un vaso sull'acqua e tenuto al sole per 93 ore, riempie tutti i 100 gradi dell'eudiometro. Acceso il fosforo, la reazione lascia un residuo di circa 20 gradi, che non vengono assorbiti dall'acqua e spengono la fiamma. La conclusione è netta: "l'aria vitale si è convertita in gaz azotico".¹⁹² Nei giorni successivi Spallanzani verifica che i gradi scomparsi aumentano con le ore di sole e l'osservazione è definita "importantissima",¹⁹³ stabilendo infatti la proporzionalità diretta tra i due fattori. Lo scienziato è anzi certo che, seguitando l'esposizione, tutto l'ossigeno dell'aria atmosferica andrà "distrutto" o "a dir meglio convertito" in azoto.¹⁹⁴ La quantità d'aria resta infatti la medesima: non si tratta perciò di assorbimento di ossigeno (per esempio da parte dell'acqua), ma proprio della sua mutazione nel gas mefitico. Il 26 giugno la trasformazione è giudicata tanto più rapida quanto più puro è il gas e quindi più veloce in ossigeno che in aria comune: in aria vitale bastano 169 ore di sole perché la metà si converta in azoto – teste l'eudiometro. L'esperimento è giudicato "esattissimo" e preferibile a quello del 22 giugno – "fatto a occhio" – o così almeno aggiunge la mano di Spallanzani sulla pagina del diario.¹⁹⁵ Anche in questo caso tuttavia, che si tratti di azoto è cosa provata solo con il test incredibilmente domestico del cerino, che immediatamente si spegne.

Tra la fine di giugno e il 6 luglio il biologo torna alla scrivania e annota "Cose da cangiare, e da aggiungere alla mia Memoria sopra la luce del fosforo in diversi fluidi aeriformi permanenti".¹⁹⁶ La compilazione non contiene in realtà un programma di scrittura, come il titolo lascia intendere, ma una lista di esperienze da controllare. Esse dovranno rispondere a dubbi di inavvertenza sperimentale e, ancor più, alle suggestioni suscitate da un incontro recente. I membri della "Commission des Sciences et des Arts" sono infatti in visita in Italia al seguito dell'armata napoleonica, incaricati, fra le varie cose, di esaminare e asportare dal Museo pavese i doppi della collezione mineralogica.¹⁹⁷ Invero i commissari – fra i quali lo stesso Berthollet – non hanno modo d'incontrare Spallanzani, che ha infatti lasciato l'ateneo per Scandiano. Quindi, impazienti comunque di conoscerlo, si mettono in viaggio per Reggio Emilia, dove, allertato dall'allievo e collega Bassiano Carminati (1750-1830), Spallanzani li raggiunge, sicuramente desideroso di uno scambio con Berthollet sui comuni interessi di chimica. Secondo la testimonianza di una lettera inviata a Ginevra

192. *Ibid.*, p. 320.

193. *Ibid.*

194. *Ibid.*

195. *Ibid.*, p. 321.

196. *Ibid.*, pp. 321-322. Questo sarà infatti il titolo della prima versione del cit. *Chimico esame*.

197. Per i dettagli dell'evento, cfr. Berthollet a Spallanzani, 20 giugno 1796 (Spallanzani, *Carteggi*, vol. I, p. 218); Carminati a Spallanzani, 21 e 25 giugno 1796 (*ibid.*, vol. III, pp. 366-367); Spallanzani a Leopoldo Marc'Antonio Caldani, 1° settembre 1796 (*ibid.*, p. 288); Spallanzani a Senebier, 21 gennaio 1797 (*ibid.*, vol. VIII, p. 376).

un anno dopo, la conversazione con lo scienziato francese tocca infatti la scoperta della cosiddetta dissoluzione del fosforo per opera dell'azoto, lasciando però il biologo tutt'altro che persuaso.¹⁹⁸

Nelle citate "Cose da cangiare" Spallanzani in effetti si riferisce alla teoria dell'azoto che discioglie il fosforo, osserva parimenti che ciò accade pure in altri gas mefitici, ma soprattutto si fissa sulla questione della luce. Ciò che le è stato attribuito potrebbe essere dovuto a tutt'altro: al mercurio (col quale l'ossigeno può combinarsi), all'acqua (che può sia decomporsi sia assorbire) e all'azoto atmosferico (che può introdursi con le manovre). Forse a seguito delle conversazioni francesi (o forse no), Spallanzani propone finalmente il modulo sperimentale che, sia in ossigeno sia in aria comune, farà la differenza e applicherà al contesto nuovo un dispositivo che non lo è affatto. Bisogna dunque predisporre set di bottigliette che, sigillate dal tappo smerigliato, impediranno ogni ingresso sia all'aria sia all'acqua. Esse saranno collocate rispettivamente alla viva luce del sole e al caldo senza luce, allestite in tante coppie quante sono le diverse tipologie dei gas da testare, iniziando con l'ossigeno e ripetendo con aria comune, idrogeno e aria fissa. L'esperienza è "importantissima",¹⁹⁹ e il superlativo segnala di nuovo la frenesia che prende lo scienziato nei momenti migliori.

Il biologo stende il programma e contestualmente allestisce i primi campioni. Infatti la nota del 7 luglio riferisce di gas acido carbonico che, chiuso da 58 ore nelle consapute boccette, risulta perfettamente conservato al buio come alla luce. Più incerto, tre giorni dopo, è invece il caso dell'aria comune, messa al sole prima della definizione della nuova procedura. Si conferma la proporzionalità già intravista fra ore di sole e gradi d'ossigeno distrutti, ma la presenza dell'acqua ridesta il dubbio: l'aria vitale potrebbe essere non già degenerata in azoto, ma appunto assorbita dal liquido che cresce (o così pare). Un'ascensione anche più decisa (e sempre ribilanciata) viene rimarcata per l'ossigeno di un non meglio identificato vaso in acqua, che ricompare il 17 luglio dopo 21 giorni dall'allestimento e 195 ore di sole (le ore di esposizione ovviamente non coincidono con le ventiquattro del giorno). Lo scienziato ne immette 100 gradi nell'eudiometro, riscalda adeguatamente, attende il compimento della reazione, trasferisce il residuo in un tubo con fosforo, ripete l'evento, e rimette nell'eudiometro. Alla fine di questa (perigliosa) serie di manovre, il rimanente è pari a 18 centesimi di azoto. Ma – "si rifletta"²⁰⁰ – l'ossigeno contiene sempre gradi di azoto (ineliminabili, date le tecnologie produttive disponibili e ora fatti pari a 4). Non solo. Bisogna metter nel conto il quinto dell'aria vitale che viene assorbito dall'acqua: quindi la percentuale dell'ossigeno si riduce rispetto all'azoto,

198. Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (*ibid.*, vol. VIII, p. 392). Il tardivo pronunciamento sarà sollecitato da una lettera di Senebier, curioso di sapere se il corrispondente italiano abbia verificato sperimentalmente la tesi di Berthollet (*ibid.*, p. 388).

199. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. I, p. 322.

200. *Ibid.*, p. 332.

che l'acqua viceversa non assorbe. Il computo, riformulato nei termini nuovi, diminuisce, ma conferma la formazione di azoto per azione della luce. Urge dunque riconvertire la procedura all'uso delle previste boccette nelle quali non entra né aria né acqua.

Il 19 luglio sono predisposti due set, per un totale di otto bottigliette che, quattro scoperte e quattro schermate, vengono riempite d'ossigeno e di aria atmosferica, collocate sulla finestra nel gran caldo dell'estate di Scandiano e capovolte nell'acqua, che quindi – annota il biologo – non potrà entrare. Che l'esperienza in realtà non sia allestita secondo il nuovo protocollo, vale a dire con contenitori a sigillo e nessun liquido all'interno, sembra indicarlo il fatto che tre giorni più tardi Spallanzani rileva una discesa del liquido nelle boccette con aria comune. Il 22 luglio è costretto a interrompere le osservazioni, a causa di un improvviso rientro a Pavia, ma dal diario sappiamo che il biologo lascia al fratello Niccolò la cura delle bottiglie, avendo ferma intenzione di esaminarle al ritorno. L'appunto successivo, redatto di nuovo a Scandiano il 27 luglio, tuttavia fa parola solo del già citato campione del 17 luglio (dove l'ossigeno continua a diminuire) e di aria comune che da 11 giorni sta anch'essa al sole sopra l'acqua senza (o quasi) manifestare variazioni di livello. Nulla viene registrato nel quaderno di laboratorio sino al 17 agosto, né è ipotizzabile l'esistenza di appunti andati persi, dato che l'annotazione ricomincia nello stesso diario e nella stessa identica pagina sulla quale il 27 luglio era stata redatta l'ultima nota. A Pavia però il lavoro prosegue, presumibilmente senza il quaderno, rimasto a Scandiano. Infatti, quando l'annotazione riprende, il biologo cita un'esperienza del 2 agosto e la ricorda come “fatta male”.²⁰¹

Molto probabilmente durante quelle due settimane, Spallanzani stende una prima bozza del saggio progettato²⁰² e, per una delle sue tipiche fughe in avanti, lo fa dunque sulla scorta di esperienze interrotte e risultati non univoci proprio riguardo all'ultimo punto di favore concesso a Götting. La minuta è di stesura assai tormentata, segnata da correzioni, salti, rinvii e parti redatte su frammenti di carta incollati a coprire stesure precedenti. Rispetto a quella che sarà la versione a stampa, essa presenta inoltre molte varianti nella forma, nel contenuto e nei valori delle misurazioni ripetutamente corrette (per i volumi dei gas, i tempi delle reazioni e la temperatura che le consente). Tuttavia la differenza più importante riguarda proprio l'azione della luce, dato che qui l'autore sostiene senza mezzi termini che l'ossigeno diventa azoto in quantità proporzionata all'intensità e alle ore di esposizione, tesi che metterà in discussione nel protocollo del 17 agosto e contesterà a partire dal giorno successivo.

Nei paragrafi dedicati alla questione, l'autore dichiara di riprendere e fondarsi sulle esperienze condotte in giornate eccezionalmente serene dell'inverno del 1795 e nei mesi estivi dell'anno successivo. La natura azotica del gas in cui si trasforma l'ossigeno è dimostrata dal mancato assorbimento da parte del

201. *Ibid.*, p. 390.

202. *Ibid.*, pp. 334-388.

fosforo in combustione e dallo zolfanello che stenta ad accendersi. Il test è grossolano rispetto agli standard ormai acquisiti da Spallanzani, ma regge il gioco retorico. L'autore costruisce infatti l'argomentazione volutamente sulla lettera del *Beytrag* (dove appunto di zolfanelli accesi/spenti si era ragionato) per far risaltare poi sia la novità della dissociazione fra luce e calore sia il vaglio dell'eventuale (e smentita) contaminazione ad opera dell'acqua. Nulla è detto invece delle bottigliette a chiusura ermetica, di cui del resto non si ha più notizia da oltre un mese.

Nel manoscritto compaiono cifre che forzano non poco quelle annotate nel diario. Dopo 294 ore di permanenza al sole – racconta Spallanzani – *tutto* l'ossigeno manifesta tutte le qualità essenziali dell'azoto. La spregiudicatezza è notevole: lo scienziato riprende infatti il diario del 24 giugno, ma trasforma in esperimento effettivamente riuscito quanto nell'appunto è dato solo per possibile, vale a dire che, alla lunga, l'aria vitale si metamorfizza completamente. Bastano poi 240 ore di luce perché si trasformino in azoto tutti i 20 gradi dell'ossigeno atmosferico, cioè finanche i centesimi che il fosforo non è mai riuscito ad assorbire, quasi che la luce sia più efficace e potente del reattivo. Infine il biologo si lancia sul terreno della chimica teorica, che gli è certo il meno congeniale. E qui inevitabilmente s'ingarbuglia, volendo tener ferma sia la "metamorfosi" dell'aria vitale che non deve far "meraviglia" (e dovrebbe invece farne moltissima a un lavoisieriano), sia la differenza sostanziale fra ossigeno e azoto, per cui la "trasmutazione" è a dir poco "singolare".²⁰³

Cosa accade fra il 17 agosto (quando il diario riprende) e la consegna in tipografia del *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling* con la stroncatura completa delle tesi tedesche? Ricompaiono le boccette²⁰⁴ nelle quali, da ormai 204 ore, lo scienziato ha esposto l'ossigeno al sole e al caldo senza sole. Spallanzani innesca più volte l'accensione del fosforo, che assorbe l'aria vitale superstite e, tenendo conto dei gradi d'azoto da cui l'ossigeno non va mai esente, passa il gas residuo all'eudiometro. Lo stupore è grande: la massima luminosità estiva ha prodotto un volume di azoto che risulta di tre gradi e mezzo superiore a quello del contenitore tenuto al riparo. Né luce né calore hanno invece alcun effetto su aria fissa e infiammabile. Il 18 agosto la conclusione è radicale e impegnativa:

Questo esperimento confrontato è significantissimo, nel mostrare che la solar luce è ben lontana dal viziare l'aria vitale, come lo vuole Gottling; ed in questo esperimento vi è tutta l'esattezza, e servirà di correttivo a quanto io ho detto altra volta.²⁰⁵

Da qui in poi, seguire il calcolo dell'esposizione alla luce diventa assai complicato, perché le ore di sole non corrispondono alle giornate di lavoro e nel

203. *Ibid.*, p. 375.

204. Che si tratti delle consapute bottigliette a turacciolo smerigliato, non è detto esplicitamente nell'appunto del 17 agosto, ma si ricava dalla nota datata 5 settembre (*ibid.*, p. 391).

205. *Ibid.*, p. 388.

computo entrano pure le ore 'presunte', cioè quelle in cui tutto è rimasto alla cura del fratello. Il 20 agosto è raggiunta la cifra importante di 432 cioè, con buona approssimazione, quei 36 giorni che separano la data corrente dalla redazione delle citate "Cose da cangiare". Cresce l'esposizione alla luce e, a soli due giorni dalla prima contestazione di Götting, cresce pure la quantità d'azoto in cui l'ossigeno si muta. Tornano di conseguenza i dubbi sull'efficacia della luce, che però s'intrecciano con quelli sull'uso dell'acqua, di nuovo esplicitati. Sarà un caso, ma tre giorni dopo (23 agosto) Spallanzani analizza aria comune esposta per 48 ore in una delle boccette a turacciolo smerigliato, che quindi ricompaiono e nelle quali – l'autore lo rimarca volutamente – non c'è acqua né può entrarvi. L'eudiometro dimostra che l'ossigeno atmosferico è rimasto intatto: il livello nell'apparecchio sale anzi due gradi e mezzo oltre le canoniche 20 parti percentuali. Che la luce possa addirittura aumentare l'ossigeno, pare un'"accidentale combinazione" e invece una settimana dopo (1° settembre) il fatto si replica ed "è costante". Gli eventi sono tuttavia troppo bizzarri e "niente decidono".²⁰⁶ I campioni esposti al sole, non già per le 48 ore sopra indicate, ma per ben 300, dimostrano (2 settembre) che né la luce né il calore "pregiudicano" l'aria atmosferica rinchiusa nelle boccette in asciutto.²⁰⁷ I test vengono ripetuti sulla già citata aria vitale chiusa al sole "*sopra l'acqua*"²⁰⁸ e che ha ormai raggiunto ben 513 ore di illuminazione. Spallanzani evita al possibile "trasporti" fra eudiometri e tubetti, così che l'esperienza riesca "anche più esatta",²⁰⁹ ma il risultato è di nuovo un aumento dell'azoto a scapito dell'ossigeno.

La parola 'fine' non verrà da quel portare la procedura al limite e oltre il limite. Ciò che decide non sarà la bulimia osservativa né l'ipertroffizzazione delle metodiche altrui. Spallanzani resta infatti ben lontano dalla varietà e molteplicità di moduli sperimentali che Götting ha applicato (e che infatti non l'hanno posto al riparo dall'errore). Il 5 settembre lo scienziato torna infatti ai campioni di ossigeno che, fra il 17 e il 18 agosto, l'avevano indotto alla prima netta contestazione della tesi tedesca e che adesso stanno da 307 ore al torrido dell'estate scandinava, ma rispettivamente schermati e collocati al sole più forte. Il tempo è quindi di tutto rispetto, ma non paragonabile al precedente, subito dall'aria vitale conservata sopra l'acqua. I gas vengono trasfusi in due eudiometri e Spallanzani attende che il tempo e la temperatura inneschino le reazioni. La mattina del 7 settembre la medesima altezza (96 parti centesime sulle 100 del dispositivo) è finalmente raggiunta dal livello dell'acqua in tutti e due gli apparecchi. Il dato è dunque identico (e perfetto) in entrambi i casi: persino i quattro gradi superstiti, una volta testati in altri strumenti, non innescano alcuna reazione e sono perciò quel minimo residuo azotico di cui risulta sempre inquinato l'ossigeno. Non c'è dunque necessità di travasi fra eudiometro e ulteriori contenitori,

206. *Ibid.*, p. 390.

207. *Ibid.*

208. *Ibid.*, p. 391 – corsivo nostro.

209. *Ibid.*

ai quali negli esperimenti precedenti Spallanzani era stato costretto per avere il completo assorbimento dell'aria, travasi che avevano probabilmente introdotto variabili parassite. Il merito è del perfetto isolamento da acqua e aria garantito dalle note boccette a turacciolo smerigliato, finalmente richiamate sulla scena. Dopo la loro introduzione, in effetti, lo scienziato le aveva usate per lo più senza nominarle, forse perché le aveva ben presenti alla memoria o forse – ciò che è indubbiamente più suggestivo – perché alla novità procedurale non era sin lì corrisposto un esito altrettanto limpido e decisivo. Ora i risultati sono 'giusti', il metodo è quindi impeccabile e la conclusione netta:

Questo esperimento vale per tutti [...] e mi attengo a questo solo, che prova incontestabilmente che l'aria vitale restata al vivo raggio solare in estate, cioè quando la luce è più viva e più pura per ore 307, non resta niente e poi niente pregiudicata, e che lo stesso è pure della medesima aria, che sente il solo calor solare medesimo per ore 307. [...] Ecco adunque deciso incontestabilmente che la luce solare, anche tirata moltissimo a lungo, non guasta punto l'aria vitale, contro quello che dice Gottling, e che diceva io stesso. L'esperimento dell'aria vitale chiusa in boccette a turacciolo smerigliato è senza eccezione massimamente per essersi consumata quest'aria vitale fino alla sua consumazione dentro all'eudiometro. Esso non può esser fatto con più rigore.²¹⁰

Lo scienziato archivia il passato senza esitazioni: "tutti e poi tutti quelli argomenti non valgono nulla, e li considero come non fatti."²¹¹

Conseguita la certezza, Spallanzani stende un "Piano delle mie osservazioni sopra il fosforo",²¹² cioè le tracce per i primi tre capitoli del saggio futuro ed esse sono percorse con molta evidenza dall'intenzione di marcare le differenze procedurali con Götting e contestare ogni tesi del *Beytrag*. L'autore inizia in forma narrativa, ma ben presto riprende il più consueto andamento di "transunto", con rimando puntuale agli appunti delle singole giornate di lavoro. Sicuramente posteriore alla data fatidica del 7 settembre è anche la redazione di una bozza della sola parte che, nella prima stesura del *Chimico esame*, aderiva alle tesi tedesche e che ora contesta invece l'azione della luce.²¹³

Spallanzani dedica l'autunno all'ultima redazione del saggio,²¹⁴ di cui riceverà le copie ai primi del nuovo anno.²¹⁵ Il "libretto" – come è definito a Senebier – viene composto a Scandiano, dove il biologo si è rifugiato a seguito degli sconvolgimenti politico-militari che hanno imposto la fuga da Pavia senza strumenti ("a riserva dell'eudiometro") e senza "un sol libro".²¹⁶ Malgrado le fortunate circostanze, la monografia chiude al meglio un'operazione che è di

210. *Ibid.*, pp. 392-393.

211. *Ibid.*, p. 392.

212. *Ibid.*, pp. 393-396.

213. *Ibid.*, pp. 396-406.

214. Spallanzani ad Angelo Fabbroni, 23 marzo 1797 (*Carteggi*, cit., vol. IV, p. 204) e Spallanzani a Jean-Henri Hassenfratz, 1° agosto 1797 (*ibid.*, vol. V, p. 223).

215. Spallanzani a Senebier, 21 gennaio 1797 (*ibid.*, cit., vol. VIII, p. 375).

216. Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (*ibid.*, p. 392).

massima intelligenza nella costruzione dei fatti e di grande perfidia nella distruzione sistematica del professore di Jena.

IV.12. Il *Chimico esame*

Come già era avvenuto nella *Lettera* ad Amoretti, pure nell'introduzione al *Chimico esame* Spallanzani tace la 'causa occasionale' dell'avventura chimica, cioè il misterioso surplus d'azoto prodotto dalla respirazione animale, e il motore dichiarato della ricerca è la sfida pericolosa che lo sperimentalismo di Götting porta al sistema di Lavoisier. Il professore tedesco – si sottolinea – si distingue da tutti gli altri autori, che ai "fatti" della *chimie nouvelle* hanno opposto "nude speculazioni" o esperienze estemporanee.²¹⁷ Solo da chi lavora per serie sperimentali può venire un attacco davvero insidioso e Götting fornisce appunto "una numerosa mano di luminosi esperimenti".²¹⁸ Con essi colpisce il cuore della teoria francese e, se non la rovescia, sembra proprio imporne una riforma radicale. Parimenti, l'intenzione del *Chimico esame* è opporre alla "singolarità" dei *Versuche* (e al "merito" di chi li ha intrapresi) "oculatezza, diligenza e studio",²¹⁹ che diventano la cifra del metodo seriale spallanzaniano. Lo "scrittarello"²²⁰ (Spallanzani gioca molto sull'ostentazione del suo supposto diletantismo) va dunque in direzione opposta a quella delle critiche che hanno o poco inteso o velato l'irriducibile alterità dei sistemi di Lavoisier e di Götting – *et pour cause*, dato che ben di rado provenivano da contesti nettamente e pienamente lavoisieriani.

La disputa è dunque riassunta in pochi punti, non particolarmente rispettosi o interessati alla complessità del *Beytrag*, ma ben funzionali alla contrapposizione polemica. L'oggetto del contendere è noto. Per la nuova chimica, la luce del fosforo in aria comune nasce dalla combinazione del minerale con l'ossigeno, è tanto più viva quanto più quest'ultimo è puro, è nulla in azoto ed è segno di una vera, sia pur debole combustione. Per Götting, in puro ossigeno il fosforo non manda bagliori di sorta, ma diventa attivissimo se viene unito all'azoto, che con l'ossigeno condivide la produzione di acidità, ma detiene in esclusiva la capacità di generare la luce, cosa del resto tutt'altra dalla combustione.

Come la *Lettera* ad Amoretti aveva previsto, la narrazione del *Chimico esame* comincia con la descrizione dell'eudiometro a fosforo – che noi sappiamo in realtà prediletto e contestato, preso e accantonato più e più volte. Lo strumento viene presentato nel nome di Giobert, ma è Spallanzani che rivendica di averne fatto uso "grandissimo"²²¹ e soprattutto di Spallanzani è la versione

217. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 160.

218. *Ibid.*

219. *Ibid.*

220. *Ibid.*, p. 159.

221. *Ibid.*, p. 161.

modificata che qui si illustra e si raffigura, con la scala incisa direttamente sul tubo di vetro e la tavoletta di legno sostituita dai fili metallici. Il biologo non rinuncia quindi all'orgoglio di aver fatto, persino in terra incognita, più e meglio degli altri. Il programma del *Chimico esame* è solo di primo acchito costruito su quanto si legge nell'opera del collega piemontese: bisogna iterare le combustioni, usare vetri di buona fattura, prevedere un'adeguata quantità di fosforo, annotare temperatura e pressione dell'aria (variabile, quest'ultima, che in realtà non troviamo nei giornali). Parimenti è necessario ben chiarire la percentuale d'ossigeno presente nell'atmosfera. E qui il gioco diventa ambiguo. Il biologo, che in località disparate l'ha misurata e rimisurata pari al 20-21%, forza finalmente Giobert a correggere i gradi maggiori di cui si legge nel suo libro. Il *Chimico esame* riproduce infatti un estratto della lettera (che già s'è vista) nella quale il Piemontese riconosce la correttezza delle cifre di Spallanzani e tuttavia ribadisce come, a differenza di tutti gli altri reattivi, il fosforo sia in grado di assorbire interamente l'ossigeno. Né è necessario – incalza Spallanzani – accostare la fiamma allo strumento perché il fosforo si accenda. Per innescare la combustione lenta in aria comune è invero sufficiente temperatura ben più modesta. Certo: non qualunque temperatura e di ciò non si può imputare la qualità del fosforo usato, che a Spallanzani arriva direttamente da Parigi e da Vincenzo Dandolo (1758-1819), personaggio notissimo nella comunità lavoisieriana d'Italia. Con buona dose di spregiudicatezza, il biologo contesta insomma il 'professionista' Götting su punti e procedure 'particolari' e al tempo stesso rivendica per sé il ruolo dello 'scienziato' che va oltre, perché di fronte alle criticità 'generali' connesse al fosforo non solo non le nasconde (e da Lavoisier in poi è impossibile farlo), ma le domina e ne fa buon uso.

Trasferire il reattivo dall'eudiometro alla boccetta di Götting (della cucurbita si dirà poi) non risolve affatto i problemi. Anzi. L'ampolla di cristallo ha tutti i difetti della vecchia chimica: non è graduata e quindi blocca l'osservatore all'epifenomeno suggestivo, ma inessenziale, dell'intensità della luce, che non è quantificabile e quindi non può essere oggetto di scienza. O meglio: per diventarlo, essa va agganciata al dato quantitativo, cioè, nel caso specifico, alla percentuale di ossigeno atmosferico assorbita nella combustione. Ma ciò richiede che i tubi siano graduati. E l'ampolla non lo è. Il cerchio si chiude e si torna all'eudiometro. Quando, dopo accensioni ripetute, il livello dell'acqua in esso non sale oltre le 20 parti centesime e la combustione del fosforo diventa impossibile, sono i test (del solfuro alcalino e dell'aria nitrosa) a confermare quei sei gradi d'ossigeno, già individuati da Lavoisier, che il fosforo non riesce ad assorbire. Ovviamente Spallanzani tace quali e quanti problemi gli abbia comportato quel 6%, in realtà mai definito in modo così preciso. Ma non è questo il punto. Riuscendo a determinare il residuo, si conferma che lo strumento resta "ottimo per osservazioni di confronto."²²²

222. *Ibid.*, p. 168.

La narrazione agisce sul disordine di ciò che accade al fosforo nell'eudiometro pieno d'aria comune e, con dati instabili (come sono quelli che leggiamo nei quaderni), forgia un contesto di fatti, cioè rapporti regolari fra l'intensità della reazione e le variabili parametrizzate, specificamente la quantità d'ossigeno a disposizione, la temperatura e l'umidità. Tutto va in direzione opposta alla tesi tedesca. I bagliori dunque cessano in azoto, "se non puro, almeno prossimo al puro",²²³ e però riprendono se si aggiunge gas. Ma proprio qualità e quantità della ripresa giocano contro Götting – almeno per chi sa ragionare di 'costante' e di 'accidentale', che qui risultano speculari al caso dell'ossigeno. Regolare è infatti proprio la vaghezza dei fenomeni luminosi (per vapori deboli, vaganti e brevi), incostante è il loro verificarsi all'iterazione della procedura. La luce si ridesta in tredici evenienze su ventinove – racconta Spallanzani – e le cifre, palesemente costruite secondo la buona 'retorica del numero', sono congrue e inequivoche circa la relazione fra normale e contingente. Ma non basta. Accidentali sono le manovre che travasano, aggiungono, scuotono; regolare è che esse siano efficaci se riuniscono la quantità di ossigeno in grado di ridestare i fenomeni. La tesi tedesca ha però ancora una risorsa.

A questo punto Götting aveva chiamato in causa la nota umidità acida. Le minutissime goccioline in effetti ci sono, virano al rosso con la tintura di girasole, ma non causano lo spegnersi dei fenomeni. Si può estrarre il fosforo, asciugarlo e rifarlo passare sott'acqua nell'ampolla, secondo il metodo del professore di Jena; si può seccarlo alla fiamma o addirittura fonderlo nell'eudiometro, come ha fatto Spallanzani, che già in tal modo rimarca di saper spingere la procedura ben oltre quanto ha fatto il collega. Portare al limite l'avvertenza *sperimentale* è importante, ma decisiva – fa intendere Spallanzani – è l'avvertenza *epistemologica* che sa giudicare dove l'instabilità dell'esito è variazione accettabile e dove invece non si dà "costanza di successo".²²⁴ E questo è appunto il caso. La patina è un epifenomeno della reazione ed è inefficace su di essa. In aria comune l'umidità acida non impedisce gli eventi, che sono regolari sino all'esaurimento dell'ossigeno e si rinnovano in proporzione a ogni aggiunta. Se si ripete in azoto, ecco che "più volte"²²⁵ non si ha alcun evento e, per chi sa vedere, è evidente la contrapposizione fra regola e contingenza. Le cose non cambiano sostituendo, all'eudiometro e all'ampolla, i tubi cilindrici di cristallo, fatti realizzare espressamente alla fornace vetraria di Pavia, riempiti d'acqua e collocati capovolti nell'apparecchio idropneumatico.

La formazione di acido fosforico e le corrispondenti diminuzioni di peso del fosforo e di volume dell'ossigeno sono manifestazione (sperimentalmente provata) di un processo di cui *non può* essere agente l'azoto. Lo stesso vale per la liberazione di calorico che accompagna la luce. Si tratta infatti di combustione, rivelata dal calore che il termometro di Götting non riesce a rimarcare e che

223. *Ibid.*, p. 169.

224. *Ibid.*, p. 170.

225. *Ibid.*

invece Spallanzani misura con precisione, correggendo di nuovo la manovra del professionista. Infatti, modellato adeguatamente il fosforo perché aderisca per bene al globo termometrico, il mercurio segnala produzione di calore per tutta la durata della reazione e pure al rinnovarsi di quest'ultima con l'aggiunta di una seconda calotta di reattivo. Esistono certo i casi dove neppure il mercurio dello strumento italiano subisce innalzamento alcuno, ma – o per pochezza d'ossigeno o per estrema lentezza della combustione – essi rientrano nel 'particolare' sul quale non si costruisce la regola. E qui la regola (la comparsa di luce è contestuale all'aumento di temperatura che segnala consumo d'ossigeno) conferma il principio cardine della nuova chimica.

Insomma: Götting non ha saputo gestire adeguatamente il concetto di precisione, cioè smascherare le variazioni 'inaccettabili' e riconoscere le contingenze irregolari. Per un professionista, gli errori sono gravi perché sono errori di metodo e di logica. Non meno gravi si mostreranno anche le insufficienze nelle tecnologie produttive del gas. Götting aveva infatti obiettato che la luce unita al calorico è solo indizio di azoto inquinato d'ossigeno e che i bagliori senza calore sono prova di azoto perfettamente incontaminato. A questo punto, è stato inevitabile – narra Spallanzani – curare specificamente la produzione di azoto 'purissimo'.

Il biologo assicura di aver ripetuto il doppio passaggio cucurbita/ampolla che, secondo il *Beytrag*, produce azoto negativo al test con aria nitrosa e ciò non di meno in grado di suscitare nel fosforo luce addirittura più vivace di quella dell'aria comune. Spallanzani annuncia di aver eseguito, ri-eseguito, ma di non aver mai ottenuto l'esito atteso. Abbia o non abbia usato davvero lo strumento d'ottone (di cui in effetti non si fa parola nei quaderni), il giudizio sul dispositivo (oltre che sulla manovra) è qui finalmente esplicito. La cucurbita è resistente, ma opaca. Il metallo impedisce di vedere cosa sta accadendo all'interno: l'obiezione era già stata mossa da Jäger e Scherer, ma lo scienziato italiano (che di certo non li conosce) va oltre e progetta il correttivo strumentale. Spallanzani introduce infatti le boccette di cristallo, solide e trasparenti a un tempo, alla cui bocca è saldato un rubinetto d'ottone che apre e chiude in sicurezza. A questo punto l'autore applica la procedura di cui si legge nel *Beytrag* e, con il gas che resta dopo l'ultimo passaggio, riempie un vasetto, dove il lume si spegne immediatamente. Basta tuttavia traslare il fluido elastico nell'eudiometro a fosforo – non usato da Götting – per ottenere di nuovo fumo e luce di minor intensità e durata, cioè per evidenziare quel residuo d'ossigeno che il gas nitroso del chimico tedesco nega e che invece a Spallanzani si rivela pari ai soliti 6 gradi (e le cifre sono opportunamente 'normalizzate' rispetto alla variabilità che il lungo lavoro in laboratorio ha reso accettabile).

La contaminazione si riduce, ma non si annulla, lasciando per giorni il gas in un tubo con la bocca immersa in una soluzione di fegato di zolfo. Dunque – e l'ironia è pesante – a Götting sarebbe riuscito ciò che sinora non è riuscito a nessuno, perché con il fosforo in combustione è impossibile spogliare l'aria atmosferica di tutto l'ossigeno contenuto. Le cose non si portano meglio, del

resto, con le procedure di Fourcroy e di Séguin già illustrate nella *Lettera* ad Amoretti. E, come nella *Lettera*, grande favore va invece al metodo di Berthollet, che tratta con acido nitrico la fibra animale.²²⁶ A questo punto però il biologo si ferma: l'azoto ottenuto col fosforo, non “purissimo” ma “prossimo ad esserlo”,²²⁷ gli pare infatti, se in mani adeguate, di perfetta gestibilità. Ma si può intrecciare il ‘dominio dell'imperfezione’ con la ‘virtù della pazienza’ e, prolungando per “il dovuto tempo” l'azione del solfuro alcalino, Spallanzani assicura di aver infine ottenuto azoto del tutto inerte.²²⁸

La ‘macchina da guerra’ di Spallanzani ormai è inarrestabile: Göttling ha di nuovo sbagliato scambiando per reattività l'impurezza dell'idrogeno che ottiene dal ferro e dallo zinco in acido solforico, ma – ammette il biologo – altrettanto impuro è il gas prodotto nel laboratorio pavese per scomposizione dell'acqua secondo l'insegnamento di Lavoisier. Tale aria infiammabile genera gli stessi fenomeni dell'azoto ottenuto da scomposizione dell'aria e infatti anch'esso, teste il gas nitroso, è impuro d'ossigeno, che in questo caso viene dall'aria comune rimasta nei recipienti di raccolta. Göttling – è vero – ha usato una modalità differente, che miscela acido e limatura metallica in una caraffa a forma d'uovo e, sotto il battente dell'acqua, raccoglie il gas da effervescenza in vasi capovolti. Ma neppure questa procedura regge alla prova di Spallanzani, che l'ha parimenti praticata ottenendo idrogeno regolarmente impuro. Di qui l'idea della modifica decisiva, annunciata e mai descritta nel giornale con la precisione di dettaglio tecnico che qui finalmente appare. Ecco dunque i tubi che Spallanzani fa predisporre alla fornace, appositamente piegati affinché con un'estremità peschino nell'apparecchio pneumatico a mercurio e quindi restino pieni d'acqua sino all'estremità che s'inserisce invece nella piccola caraffa ovata colma della soluzione. L'idrogeno così prodotto non manifesta ossigeno al test nitroso e non innesca “mai”²²⁹ (avverbio forte, che il giornale di laboratorio non usa) la reazione luminosa del fosforo. Ciò non avviene né se si introduce il reattivo nell'eudiometro, né se lo si appende in un tubo, né se si opera a temperatura ambiente, ma neppure se il dispositivo viene scaldato alla fiamma. Al solito, tutti i fenomeni si riproducono se si unisce aria atmosferica e risultano tanto più intensi quanto maggiore è l'aggiunta.

226. Questo favore invero contrasta con quanto s'è letto nel diario di laboratorio, ma quadra forse con il ricordo del citato incontro con Berthollet a Reggio. In realtà, nella prima stesura dell'opera, Spallanzani aveva “candidamente” ammesso che, anche in questo caso, i risultati erano stati talvolta deludenti, perché il gas ottenuto appariva inquinato da aria nitrosa. Lo scienziato aveva quindi fatto ricorso all'azione decontaminante del solfuro alcalino, ma qualche luce era comunque apparsa nell'eudiometro, rivelando un’“ultima reliquia” d'ossigeno. La mano di Spallanzani aveva però cancellato questa parte e “rettificato” il paragrafo così come comparirà nel *Chimico esame* (cfr. al proposito Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 357; *Chimico esame*, cit., p. 179).

227. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 177.

228. *Ibid.*

229. *Ibid.*, p. 182.

Si comportano allo stesso modo gli idrogeni naturali che Spallanzani frequenta dall'inizio dell'avventura con la chimica pneumatica: in primis l'aria infiammabile che si produce nei siti paludosi e che costituzionalmente contiene ossigeno, ma anche quella generata dalle salse e raccolta durante le escursioni appenniniche. Nel primo caso, la luce del fosforo dunque non stupisce. Quanto al secondo, il rimando suggestivo è alle note bocce a turacciolo smerigliato citate nel diario di laboratorio e conservate a Pavia. Gli anni da esse trascorsi "in un angolo delle mie stanze"²³⁰ hanno alquanto sbiadito l'infiammabilità originaria del gas, ma non annullato il residuo d'ossigeno, che l'eudiometro a fosforo dice inferiore a quello presente nell'idrogeno delle paludi e – si suppone ora – non 'endogeno', ma forse proveniente dall'acqua dei contenitori. Per togliere ogni dubbio, Spallanzani racconta di aver ripetuto i test con gas prelevato di recente alla salsa di Querciola. Esso appare privo di ossigeno alla prova dell'aria nitrosa e altrettanto incapace di sostenere reazioni nel fosforo, accese viceversa da una qualsiasi aggiunta d'aria comune. Il testo a stampa corrisponde in effetti ad appunti stesi il 1° giugno 1796 e relativi al giorno precedente,²³¹ quando il fluido elastico era stato raccolto nella solita vescica e, sotto il battente dell'acqua, era passato a un vaso e quindi all'eudiometro a fosforo, all'interno del quale non s'erano verificati né luce e né ascensione del liquido. Il diario prospettava invero due possibilità. In quell'idrogeno o non vi era affatto ossigeno, o la sua presenza era limitata alle solite ultime tracce che il fosforo non è in grado di assorbire. L'aria nitrosa decideva infine escludendo qualsiasi percentuale di ossigeno e nel quaderno di laboratorio Spallanzani attribuiva il fumo intravisto non già alla costituzione del gas, ma a un generico "pochino"²³² d'aria comune entrato nell'eudiometro durante le molte manovre.

Il comportamento del gas acido carbonico è giudicato largamente sovrapponibile e su di esso lo scienziato decide quindi di poter essere "brevissimo",²³³ per chiudere il cerchio sul caso dell'aria vitale. Come Götting, Spallanzani si procura l'ossigeno migliore (cioè da calce mercuriale trattata con acido nitrico), lo depura con acqua di calce e ne testa un campione nella nota boccetta a rubinetto. Vi fa ardere il fosforo, immerge lo strumento nell'acqua, apre la valvola, il liquido entra con violenza e riempie tutto il vano dell'ampolla: il gas era quindi purissimo. In laboratorio la boccetta a rubinetto è una conquista successiva e le cose non sono andate esattamente in questo modo, ma la rielaborazione narrativa consente a Spallanzani di spiccare il volo, dato che, con la procedura descritta, siamo già oltre il collega tedesco. Subito dopo scatta ciò noi sappiamo aver fatto la differenza solo nell'ultimissima fase dell'inchiesta, cioè l'intuizione dei contenitori di vetro a tappo smerigliato. Il gioco retorico

230. *Ibid.*

231. Un resoconto "Delle cose osservate alla Salsa di Querciola" è edito al termine del *Chimico esame* (*ibid.*, pp. 211-214).

232. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., vol. I, p. 306.

233. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 183.

tuttavia è complesso e quella che era stata per Spallanzani la seconda novità strumentale diventa qui, con evidente *understatement*, la “diligenza”²³⁴ necessaria alla miglior conservazione dei gas, escogitata da chi semplicemente ha previsto di servirsi dell’ossigeno a più riprese.

Il fluido elastico, finalmente al riparo da ogni rischio di contaminazione, riempe l’eudiometro, dove il fosforo subisce gradi di calore crescenti, ma non dà alcun segno sino alla temperatura di 24°R, salvo poi fumare, risplendere e accendersi con fiamma viva che lo consuma rapidamente. Troppo rapidamente per esser ben certi che la luce venga davvero dal fosforo. La procedura va quindi affinata, perché la reazione possa essere seguita passo passo. Bisogna riportare il calore a cifre inferiori e, stabiliti 14°R, la temperatura è aumentata di un grado ogni mezz’ora. A 22°R il fosforo inizia ad essere circonfuso da nebbia e in un quarto d’ora diventa brillante. Al crescere del calore, l’ossigeno viene assorbito, l’acqua sale nell’eudiometro, raggiunge la parte orizzontale del dispositivo e spegne il fosforo, che avrebbe altrimenti continuato a risplendere. Un grado in più è necessario se all’apparecchio si sostituisce un tubo cilindrico più largo, dove il fosforo è appeso e legato al globo termometrico. Inspiegabilmente maggior ampiezza richiede dunque maggior temperatura perché appaiono i bagliori, ma in laboratorio – come è noto – il fattore spazio era risultato ancora più instabile. Per Spallanzani si tratta del resto di una “piccola anomalia”²³⁵ appartenente al novero delle variazioni accettabili e lo scienziato, che le sa riconoscere, risolve attenendosi a un valore mediano.

Il reattivo inizia invece a risplendere a 15°R, e anche a temperature più basse, quando l’ossigeno è combinato con quantità crescenti di azoto (proprio come Götting ha verificato). Non per questo tuttavia all’azoto si deve la luce, che è solo un epifenomeno della combustione, parimenti possibile combinando l’aria vitale con altri fluidi elastici. A questo punto nella prima stesura del *Chimico esame* Spallanzani aveva avventurosamente attribuito ad azoto e idrogeno la capacità di surrogare il calore e rendere le “particelle” dell’ossigeno “più attive, più energiche”.²³⁶ La congettura era stata però cancellata (“conviene pensar meglio a questa spiegazione” – si legge nel manoscritto)²³⁷ e ora infatti resta solo un generico accenno alla capacità dei gas mefitici di disporre la base dell’ossigeno a combinarsi più facilmente con il fosforo. Si tratta di concessioni minori, forse introdotte per *captatio benevolentiae* nei confronti di Berthollet, che non scalfiscono la tesi centrale: è l’azione della temperatura più elevata che rende le parti del fosforo “più arrendevoli, più cedenti” e quindi atte a “impadronirsi” dell’ossigeno,²³⁸ mentre la situazione opposta (per la quale si riprende l’esempio del brusco raffreddamento operato dall’acqua di pozzo) le induce a

234. *Ibid.*, p. 185.

235. *Ibid.*, p. 186.

236. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. I, p. 366.

237. *Ibid.*

238. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 188.

rinserrarsi. La proporzionalità diretta fra quantità d'ossigeno e durata/intensità dei fenomeni luminosi dimostra che la causa dei bagliori è l'ossigeno stesso e non l'azoto che ad esso si combina – possibilmente prima della reazione e in tubo diverso rispetto al dispositivo in cui essa avverrà. Alla temperatura che non consente i fenomeni in puro ossigeno ma solo in aria comune, gli eventi iniziano però a tardare allorché le percentuali dei gas vengono aumentate rispetto alla normale composizione dell'atmosfera. La spiegazione è semplice: ci si sta banalmente avvicinando alla situazione del puro ossigeno cioè a quella che, in tale temperatura, blocca ogni fenomeno. Per lo stesso motivo, s'intende come in azoto prodotto per combustione del fosforo (e quindi impuro), il minerale risplenda (debolmente) anche a pochi gradi sopra il gelo.

Spallanzani affronta per ultima la confutazione della trasmutazione dell'ossigeno per opera della luce. Deve – non dimentichiamolo – indurre il lettore a metabolizzare senza troppo sconcerto il fatto di avervi egli stesso pubblicamente aderito solo pochi mesi addietro con la *Lettera* ad Amoretti. Al proposito, il *Chimico esame* è in effetti pressoché identico alla prima stesura 'filo-tedesca' sin tanto che si tratta di 'raccontare' il *Beytrag*. Poi il testo cambia completamente e riprende la citata seconda bozza parziale, compilata di sicuro dopo il 18 agosto 1796. La contestazione parte dall'ovvio, cioè dalla debole luce dell'inverno tedesco di cui si è accontentato il professore di Jena. Anche il biologo lavora inizialmente nei mesi invernali e la bozza aveva anzi sottolineato la fortuna di una stagione particolarmente luminosa. Tuttavia il 'buon metodo' gli impone presto di proseguire nel fulgore dell'estate padana, con risultati che infatti provano per "equivoci ed inconcludenti"²³⁹ quelli ottenuti nella prima fase della ricerca. La qualità della luce è tuttavia argomento troppo debole per spiegare la precedente convergenza con la teoria tedesca e quindi, invece di semplificare e sintetizzare il percorso dell'indagine (come è sin qui avvenuto), Spallanzani sceglie di produrne una narrazione diacronica, che specifica ogni aspetto delle procedure. Il testo a stampa si diffonde anzi in dettagli ovvi, che il diario neppure ha avuto necessità di fissare per memoria, ma che ben rendono quella retorica dello sperimentalismo di cui Spallanzani è maestro. Il biologo racconta dunque di aver usato un vaso cilindrico di cristallo trasparente, sull'esterno del quale un filo segna la divisione fra ossigeno e acqua (che occupa la metà del vaso). L'apparecchio viene rovesciato in un contenitore maggiore e collocato sulla finestra perché goda di tutte le ore di sole possibili e delle quali si tiene conto preciso. Dopo 40 ore un campione viene prelevato in un tubetto e i test (dello zolfanello e dell'eudiometro a fosforo) non rimarcano differenza rispetto a ossigeno conservato al buio in una boccetta a turacciolo smerigliato. Il gas è intatto. Le cose cambiano però aumentando il periodo d'esposizione, dato che l'aria vitale sembra mutarsi in azoto in quantità crescente al passare del tempo e dopo 407 ore l'analisi mostra che il gas è pienamente azoto. Pare dunque che la luce solare abbia davvero metamorfizzato l'ossigeno come vuole

239. *Ibid.*, p. 192.

Göttling, forse solo un po' meno velocemente di quanto si legge nel *Beytrag*. Spallanzani tiene dunque il lettore sulla corda.

È un'osservazione d'altro genere che innesca il dubbio, trattiene lo scienziato dall'accordarsi pienamente col chimico di Jena e apre alla soluzione corretta del problema. Ecco il "filo di refe" incollato sulla parete esterna del vaso, citato sin dall'inizio della narrazione e in apparenza dettaglio introdotto solo per agganciare il protocollo al realismo del vissuto. Il filo consente invece di riscontrare l'ascesa costante del livello dell'acqua che dunque assorbe l'ossigeno. Per contro l'aria atmosferica, che all'acqua è "sempre più o meno mescolata", può esserne decomposta, liberando azoto. Grazie alla sua leggerezza, quest'ultimo sale e s'incorpora all'ossigeno, che viene assorbito in quantità molto maggiore rispetto all'azoto rilasciato (o introdotto con le aggiunte d'acqua necessarie per supplire all'evaporazione). La scomparsa dell'aria vitale e l'arrivo dell'azoto (che cresce, sia pur lentamente) ingenerano quindi la falsa idea che la prima si sia tramutata nel secondo per azione della luce.

A questo punto Spallanzani scherma l'ossigeno con una lamina di stagno, cioè separa l'azione del calore da quella della luce. Raffina quindi il raffronto che ha già eseguito fra campioni tenuti al sole e campioni tenuti al buio. Così infatti era successo in laboratorio dove però (stando almeno al diario) si era generalmente usato il "cartoccio" di cui si legge negli appunti. L'esito, quanto ai gradi di azoto, è più o meno lo stesso e toglie quindi operatività alla luce, ma non al calore. Anche l'azione di quest'ultimo viene però esclusa quando lo scienziato verifica che nulla cambia in un terzo vaso lasciato al buio e al fresco. È invece sufficiente sostituire all'acqua il mercurio perché le cose prendano tutt'altro verso. Il livello del liquido non muta (perché il mercurio non assorbe il gas) e la modestissima quantità di azoto può semplicemente essere un residuo dell'aria imprigionata nel mercurio stesso, passata all'ossigeno e decomposta dal fosforo. La schematizzazione dei tormenti del laboratorio è efficace: non nasconde che il procedere è stato per tentativi ed errori, ma propone al lettore una sorta di percorso facilitato. Non è però il mercurio a offrire la prova decisiva.

La dimostrazione che l'azoto proviene da aria atmosferica inquinante (e non da metamorfosi dell'ossigeno) richiede evidentemente un teatro sperimentale che escluda ogni comunicazione dell'aria vitale sia con l'acqua sia col mercurio. Ecco l'idea delle boccette di cristallo serrate ermeticamente dal tappo smerigliato, che in effetti hanno costituito l'innovazione procedurale decisiva dell'ultima fase dell'inchiesta. Spallanzani ne allestisce ben dodici (otto esposte e quattro schermate) che colloca, capovolte e riempite d'ossigeno, nei fori della plancia dell'apparecchio pneumatico, coperta da un pollice d'acqua. Il numero è necessario perché il gas da analizzare viene estratto sotto il battente dell'acqua che, entrando nei contenitori, toglie esattezza ai risultati e quindi – come ormai si sa – rende inutilizzabile l'ossigeno residuo. I prelievi sono periodici e regolati ogni 100 ore di sole (cioè in modo ben diverso dalla confusa imprecisione del laboratorio).

Lavorando per sintesi sui dati instabili e fissati a caldo negli appunti, la narrazione del *Chimico esame* arriva a 69 giorni per 552 ore di esposizione senza riscontrare alterazione e differenza alcuna rispetto all'ossigeno delle boccette coperte. Il numero in realtà non quadra con quelli indicati nel giornale di laboratorio, ma non si può escludere che le esperienze siano state prolungate e non annotate. La cifra è comunque simbolica e concreta a un tempo. Spallanzani l'aggancia infatti al realismo del vissuto (assicura di averla raggiunta grazie a un mese di settembre particolarmente sereno), ma poi la forgia liberandola dalle contingenze del diario e ponendola come termine ideale della serie sperimentale di buon metodo. Col passare del tempo però, e nonostante la persistente purezza dell'aria vitale, fumo e luce nel fosforo si hanno già a una temperatura leggermente inferiore: indizio ambiguo, dunque. Spallanzani esclude ormai che la causa possa essere la luce e allude, senza particolare convinzione, al calore e alla lunga permanenza nelle boccette.

In laboratorio – si ricorderà – decisiva non era stata l'ipertrofizzazione della procedura, ma l'audacia dell'unico esperimento 'perfetto', che annulla il disordine della bulimia sperimentale. Nel saggio a stampa l'autore non rischia quell'azzardo, ma costruisce sull'autocritica severa l'ultimo affondo contro l'avversario. Ricorda finalmente la *Lettera* ad Amoretti e l'inganno in cui egli stesso era caduto per risultati che sembravano favorire Götting. Le esperienze della seconda stagione sono dunque da preferirsi non solo perché più numerose – non è mai la quantità che decide – ma perché provviste dell'esattezza e delle avvertenze desiderate e non attuate nei primi mesi per motivi di distrazione non precisati che non hanno consentito di occuparsi della faccenda come conveniva. Di conseguenza la scena sperimentale non è stata posta al riparo dall'inquinamento di aria e acqua, dove in realtà tutto si gioca. Nelle note boccette invece non è mai penetrata alcuna stilla di liquido né uscita la minima bolla gassosa. Sappiamo che le cose non sono andate esattamente così, ma la forzatura serve per costruire il contrappunto perfetto agli errori di Götting.

Il professore di Jena ha esposto i suoi campioni a un numero inadeguato di ore di sole (il debole sole dell'inverno tedesco, per di più). Ma soprattutto – *horribile dictu* – Götting ha usato turaccioli di sughero per tappare le sue bottiglie: "e ognuno sa che fra legni non ve n'è forse uno più poroso di lui".²⁴⁰ Sicuramente per tal via è penetrata acqua (e quindi aria) e altra aria è entrata in contatto con l'ossigeno quando, per compensare l'evaporazione, è stato aggiunto liquido nella tazza dove le bottiglie erano capovolte. L'autore del *Beytrag* si è quindi servito di ossigeno sempre più contaminato, imputando alla luce quello che era inquinamento da manovra incongrua. Se altrettanto non s'è verificato nella bottiglia conservata al buio (e l'argomento è sicuramente il più difficile da contrastare) ciò sarà avvenuto perché, in modo del tutto casuale, il turacciolo era stato calcato meglio, riuscendo a escludere l'ingresso dell'aria.

240. *Ibid.*, p. 197.

Parimenti grave è il fatto che Götting abbia testato “a occhio”²⁴¹ la contaminazione dell’ossigeno, cioè si sia accontentato di registrare il comportamento di un fuscello acceso, abbia quindi praticato una verifica grossolana, che certo non poteva quantificare la corruzione del gas. Il collega tedesco ha trascurato i test eudiometrici, a fosforo o ad aria nitrosa, senza dei quali non sembra proprio che si possa conseguire la precisione richiesta al professionista. Il presente di Götting, che ha dunque violato ogni buona norma, è insomma il passato di Spallanzani, quello dell’inadeguatezza logica e strumentale, che il biologo si è lasciato alle spalle con l’applicazione del proprio modulo sperimentale, che “più evidente, più decisivo non è possibile l’immaginarlo”.²⁴²

A questo punto, chiunque abbia minima consuetudine con la lunga carriera scientifica di Spallanzani non può non notare come la regia dell’attacco a Götting riproduca quella ben più nota con cui, trent’anni addietro e su tutt’altro terreno, il biologo aveva distrutto il microscopista inglese John Turberville Needham (1713-1781).²⁴³ In questa indagine (la prima che impone Spallanzani fra i chimici professionali e l’ultima conclusa) molto ripete di quell’inchiesta lontana, che aveva imposto l’ignoto “professore di Reggio” sulla scena delle scienze naturali. Nel racconto del *Chimico esame* colpisce immediatamente la denuncia della pessima procedura che pretende alla chiusura ermetica e usa il sughero, ma più in generale ricompaiono la perfidia delle insinuazioni d’imperizia rivolte all’avversario, la violenza dell’aggressione e l’orgogliosa rivendicazione del proprio merito. Ora come allora, ecco però anche l’“abbaglio”, cioè il primo favore frettolosamente concesso alle tesi avverse. All’inizio della carriera scientifica, Spallanzani aveva nascosto l’“errore” nelle carte private (avendolo superato prima che diventassero pubbliche) e non l’aveva mai riconosciuto *apertis verbis*. Non l’aveva fatto subito, per motivi connessi alla fragilità della sua condizione istituzionale e, in seguito, aveva evitato per ragioni di opportunità.²⁴⁴ Ora l’“errore” è stato invece dato alle stampe, probabilmente perché la sicumera tradisce il professore famoso e lo induce alla pubblicazione arrischiata della *Lettera* ad Amoretti. Al termine della propria avventura con la scienza, l’autore è però su posizioni scientificamente robuste al punto da poter usare – come s’è visto – l’“errore” medesimo nella strategia di accerchiamento dell’avversario e di orientamento del proprio lettorato.

241. *Ibid.*

242. *Ibid.*, p. 198.

243. Per la prima indagine di Spallanzani sulla generazione dei microrganismi cfr. la bibliografia raccolta in Pericle Di Pietro, *Bibliografia di scritti sulla vita e sulle opere di Spallanzani*, in Walter Bernardi – Paola Manzini (a cura di), *Il cerchio della vita. Materiali di ricerca del Centro Studi Lazzaro Spallanzani di Scandiano sulla storia della scienza del Settecento*, Firenze, Olschki, 1999, pp. 3-42 e inoltre Walter Bernardi, *Spallanzani e la controversia sulla generazione spontanea: nuove prospettive di ricerca*, in Walter Bernardi – Marta Stefani (a cura di), *La sfida della modernità*, cit., pp. 37-61; Maria Ferrucci, *Percorsi formativi e itinerari di ricerca in Lazzaro Spallanzani*, Università di Firenze, 2007 (PhD diss.).

244. Marc Ratchiff (in *Genèse d’une découverte*, cit., pp. 505 e sgg.) contesta la tesi dell’“opportunismo” di Spallanzani e propone una lettura originale e alternativa di quegli eventi.

A Götting Spallanzani non chiede (né qui né altrove) *revirements* di teoria e sistema. Basterà che il professore tedesco riprenda e ripeta tutto, con la prudenza e l'attenzione che sin qui non ha avuto, "e sicurissimo io sono che allora i suoi risultati consuoneranno perfettamente co' miei."²⁴⁵ Adesso come allora, Spallanzani è certo che la sua superiorità è la superiorità del metodo, "che è il migliore, anzi l'unico".²⁴⁶

245. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 198.

246. *Ibid.*

V. EFFLUVI FOSFORICI

V.1. Dopo il *Chimico esame*

Nel 1796 Spallanzani non è ovviamente il solo che, raccogliendo la provocazione di Göttling, si misuri con fosforo e azoto. Nel panorama europeo tuttavia il *Chimico esame* risulta l'*endorsement* più forte e chiaro per le tesi lavoisieriane. Il biologo ne è infatti ben consapevole e in questa direzione (anche al netto dell'opportunità 'politico') il 16 gennaio 1797 si espone in modo formale presentando l'opera all'Amministrazione Generale della Lombardia, costituitasi dopo il collasso delle istituzioni asburgiche e sottoposta al comando militare francese.¹

Mentre nel laboratorio di Pavia la chimica dilaga, anche altre voci riprendono i casi della combustione, sollecitate da questo o quell'aspetto del *Beytrag*. Probabilmente fra i primi a ripetere le performance di Göttling è infatti Volta che, in una lettera del 16 marzo 1796, scrive di aver iterato le esperienze di Jena con risultati a lungo discordanti e anomali, ma di essere riuscito infine a "dicifrare la cosa".² In qualsiasi combinazione di fluidi elastici il fosforo si illumina, ciò avviene sempre – sostiene Volta – con consumo di gas, proporzionata liberazione di calore e formazione di acido fosforico. In questo modo, il fisico

1. "Quella felice Rivoluzione che ha fatta la Francia nella Politica, l'ha fatta del pari nella Chimica, e i nomi grandi di Lavoisier, di Berthollet, di Fourcroy, etc., saranno sempre in sommo grado benemeriti di questa Scienza. La Germania, che suole esser l'ultima nell'adottare gli utili scoprimenti, quando non traggon l'origine dal Nord, ha trovato di che opporre a questi che son venuti dalla Francia, e alla testa degli oppositori è Gottling, Professore a Jena. Penetrato dalla verità delle chimiche dottrine francesi ho esaminato a sangue freddo, e con la maggiore imparzialità le critiche mosse da questo tedesco ai Francesi, e nominatamente all'immortale Lavoisier, e parute essendomi tutte difettose, per inesattezza nell'osservare, ho creduto conveniente il pubblicarne in un opuscolo i miei rilievi, acciocché le prodotte difficoltà non ritardino gli avanzamenti di questo importante ramo di sapere." (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. I, p. 83).

2. Volta, *Estratto di lettera al padre Raccagni intorno ad alcune esperienze sul fosforo* [1796], in *Le Opere*, cit., vol. VII, p. 259. Si tratta in realtà di una minuta.

comasco non chiude del tutto alla possibilità che il fosforo reagisca in ambienti diversi dall'ossigeno, ma non giudica il fenomeno mera "fosforescenza",³ bensì vera combustione che, per quanto lenta, non è dissimile da quella che il minerale patisce più rapidamente in ossigeno intorno ai 30°R, con bagliori e fiamma assai vivi. Volta si mostra quindi ben consapevole dei rapporti di proporzionalità, diversi e intrecciati, che legano variabili quali la capacità del contenitore, la temperatura e la vivacità dei fenomeni. Distingue cose tutto sommato note: i gradi specificamente necessari perché la reazione si inneschi in aria comune e in ossigeno, così come la rapidità e l'intensità che l'aria vitale garantisce ai fenomeni (a calore adeguato) dai quali essa sarebbe, se "purissima", addirittura del tutto consumata.⁴ La miglior qualità del gas si volge in tal modo nella sua criticità maggiore, dato che in esso diventa di fatto impossibile la combustione lenta, che l'aria comune sostiene invece in un ampio range di temperature, inversamente proporzionali alla percentuale di azoto e sino a valori finanche estremi. Il fatto, "inaspettato e difficile a spiegarsi", è la "vera importantissima scoperta" che rende assai tentante la chimica di Götting e ne costituisce uno "dei principali appoggi".⁵

In realtà Volta ha ben presente che nelle miscele l'unica porzione gassosa consumata è la percentuale d'ossigeno e che in azoto il fosforo non dà alcuna luce, a nessuna temperatura, neppure a quella di fusione ed ebollizione. È tuttavia sufficiente che il gas passi o, meglio ancora, venga agitato in acqua perché s'induca luce viva anche a pochi gradi. In tal caso i bagliori vengono provocati dalla piccola porzione d'ossigeno che l'acqua cede all'azoto e infatti persistono sino al suo assorbimento. Di per sé, l'azoto né si decompone né fornisce alcunché al fosforo. L'errore di Götting sta nell'aver considerato perfettamente puro ciò che non lo è – e di sicuro non lo è l'azoto che ha ottenuto dalla lenta combustione del fosforo in aria comune. Teste il gas nitroso, Volta quantifica la contaminazione a $\frac{1}{12}$, vale a dire una percentuale di ossigeno residuale non lontana da quella in genere indicata dai lavoisieriani e verificata da Spallanzani. In composti ottenuti unendo percentuali diverse dei due gas, ma anche miscelando l'ossigeno a idrogeno o a gas acido carbonico, si verifica – a riprova – che una modestissima quantità di aria vitale è sufficiente perché i fenomeni si destino già a bassa temperatura, ma più brevi quanto minore è l'aggiunta. Tanto maggiore risulta invece quest'ultima, più lunghi e vivaci si verificheranno i bagliori, ma anche più forte dovrà essere il calore perché ciò avvenga. L'azoto "favorisce e promuove" la combustione – scrive Volta – e i gas mefitici "dispongono e aiutano" il reattivo a "incorporarsi la base dell'aria vitale" e a "strapparne poco a poco" l'ossigeno.⁶

3. *Ibid.*

4. *Ibid.*, p. 260.

5. *Ibid.*, p. 261.

6. *Ibid.*, p. 266.

Nello scritto si percepisce quindi una vaga reminiscenza delle ipotesi avanzate da Berthollet, per altro non citato, ed è invece evidente che i primi entusiasmi per gli exploit del collega tedesco hanno ormai ceduto a una valutazione assai più realistica, sostanzialmente in linea con i risultati di Spallanzani, dei quali non si eguaglia però né l'articolazione né il fondamento. Difficile è dire se Volta stia elaborando un pari apparato sperimentale, dato che mai produrrà la memoria, specificamente dedicata a questi temi, che annuncia per prossima.

Qualcosa si muove anche fra i lavoisieriani dell'ateneo di Torino, dove due discepoli di Giobert, Giuseppe Giacinto Rizzetti (1776-1844) e Carlo Evasio Mezzera, ripetono le esperienze di Götting. Il maestro comunica in anteprima i risultati degli allievi e ne dà notizia veloce sugli "Annali" di Brugnatelli,⁷ rifiutando però di prender partito prima di avere la traduzione integrale del *Beytrag*, di cui conosce solo l'estratto. Ad alta temperatura – scrive il chimico piemontese – il fosforo brucia e acidifica nel vuoto al mero contatto con il vapore dell'acqua, che ne viene scomposta, e più o meno gli stessi effetti si riscontrano con lo zolfo. Il risultato risponde evidentemente sia alle enigmatiche combustioni olandesi (non citate, per altro) sia alle tesi tedesche, ma soprattutto spiega come sia possibile che il fosforo di Götting bruci in azoto dopo essere passato appunto attraverso l'acqua. Il programma di ricerca sembra promettente, ma non risulta che Giobert sia più tornato sulla faccenda.

Anche Götting interviene,⁸ innanzi tutto per rispondere alle critiche di Pfaff, ma lo fa in tono decisamente minore, arroccandosi su dettagli. Nel "Taschen-Buch" affronta la contestazione dell'apparecchio pneumatico ad acqua che, secondo l'avversario, inevitabilmente produce azoto impuro d'ossigeno e deve essere sostituito con uno strumento a mercurio. L'argomento è solido e al chimico di Jena non resta che richiamare gli svantaggi forse ancora maggiori del metallo liquido. Infatti, a differenza dell'acqua, il mercurio non è in grado di liberare il campo dal gas acido fosforico che si forma contestualmente (con le note bolle resistenti sulle pareti dei tubi) e falsa quindi i dati sperimentali. L'alternativa potrebbe essere sottoporlo alla bollitura, ma in questo caso, ben lungi dal risolvere il problema, ci si espone secondo Götting a inevitabile inquinamento da aria atmosferica. Risultati ben più affidabili si hanno usando l'acqua distillata e infatti l'esperimento, ripetuto con ossigeno da calce mercuriale, ne ha finalmente ottenuto la totale scomparsa. Testando la luce del fosforo in azoto atmosferico, nessuno degli avversari può del resto dimostrare di aver prodotto e usato azoto più puro di quello di Jena e questo – a giudizio di Götting – smonta ogni obiezione.

7. Giobert, *Articolo di lettera del Sig. G.A. Giobert al Sig. Brugnatelli sopra diverse nuove sperienze di chimica*, "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manufacture ad esse relative di L. Brugnatelli", 1796, XI, pp. 265-269.

8. Götting, *Ueber Herrn D. Christoph Heinrich Pfaffs Bemerkungen zu meiner Schrift: Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie u.s.w. in der Schrift über das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1796, XVII, pp. 133-160.

Il chimico tedesco è evidentemente sulla difensiva e infatti accantona la terminologia che ha costruito sulle novità teoriche del *Beytrag* e ne ammette la problematicità. Nega inoltre di aver mai sostenuto che la luce solare provochi “una completa mutazione dell’aria pura in azoto”.⁹ Si tratta piuttosto di un semplice deterioramento (“schlechter Werden”)¹⁰ che si determina allorché una parte del calorico si separa dall’ossigeno e *Lichtstoff* ne prende il posto. Rinunciando in tal modo alle sfide più audaci della sua ‘chimica della luce’, Götting può in effetti dichiarare finalmente che, quand’anche esperienze altrui riescano a smentirlo su quest’ultimo punto, la sua spiegazione globale ne esce minimamente modificata.

Il saggio offre poco altro e insiste quindi sul gioco (inverificabile) delle affinità tra *Stoffe* diversi: manca insomma quel mix (reale o apparente) di solidità sperimentale e novità teorica che aveva rappresentato senz’altro il tratto più intrigante del *Beytrag*. L’ostensione di prove ripetute ed esperienze ulteriori – segnala Götting – avverrà piuttosto nella prosecuzione dell’opera maggiore, che è annunciata per prossima.

Un notevole apparato sperimentale è invece dispiegato dal lavoisieriano tedesco Georg Friedrich Hildebrandt (1764-1816), che ripete i *Versuche* di Götting e fa tesoro del lavoro di Scherer e Jäger, mostrando particolare attenzione al problema dell’inquinamento dei gas.¹¹ Le variabili da gestire sono chiare e le procedure vengono ben dettagliate all’inizio, risultando sempre da una metabolizzazione accorta delle critiche generalmente mosse a Götting e ormai note. Finanche l’organizzazione narrativa del saggio, costruita prima riassumendo i protocolli jenesi e quindi elencando le conclusioni, segue diligentemente il modello del *Beytrag*.

Hildebrandt muove ricordando le consuete modalità di produzione dell’azoto e se ne distacca dichiarando che userà gas ottenuto da deflagrazione di salnitro con carbone ardente (*Salpeterstoffsgas*). È evidente che il dettaglio puntiglioso, con il quale illustra il protocollo,¹² corrisponde alla consapevolezza che proprio in quella fase si collocano le occasioni più insidiose di contaminazione. Sono in primis stabilite le percentuali delle sostanze attive secondo la composizione di entrambe indicata da Lavoisier – e la citazione è ovviamente già una dichiarazione di schieramento. Salnitro e carbone vengono dunque finemente polverizzati, mischiati in una sfera di ferro e portati al punto di fusione: il problema è certo come evitare residui di aria atmosferica. L’idea è quindi di accorciare il tubo d’uscita che convoglia il gas e sfocia in acqua. Riscaldata la sfera ad incan-

9. *Ibid.*, p. 147.

10. *Ibid.*

11. Georg Friedrich Hildebrandt, *Versuche über das Leuchten des Phosphors im Salpeterstoffsgas aus Salpeter*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen”, 1796, I, pp. 411-428; 488-510.

12. Procedura e dispositivo erano già stati descritti in Hildebrandt, *Versuche über die Zusammensetzung des flüchtigen Alkali’s*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen”, 1795, I, pp. 305-306.

descenza, il liquido sale, così da lasciare nel tubo ben poca aria atmosferica, che sarà la prima ad essere espulsa nello scoppio e quindi non verrà raccolta. Grazie all'incandescenza, l'aria ancora presente nel contenitore risulterà pochissima e nell'esplosione sarà espulsa per il tubo d'entrata del dispositivo.

Le manovre richiedono invero la collaborazione di ben tre persone: la prima stappa e poi richiude il tubo, la seconda introduce la miscela nella sfera, la terza raccoglie il gas dal tubo d'uscita in vasi cilindrici. La stretta imboccatura delle bottiglie non consentirebbe infatti la velocità necessaria nella fuoriuscita dell'acqua, che deve lasciare il posto al gas: troppo ne andrebbe perso. Quanto al gas acido carbonico generato nella combustione, esso è assorbito dall'acqua e da successivi passaggi in latte di calce. Al lettore, si lascia giudicare se una minima quantità d'aria atmosferica possa comunque restare; a se stesso, invece, lo scienziato attribuisce dominio pieno di quel margine d'errore, di cui assicura per altro di aver sempre adeguatamente tenuto conto. L'affinità – ovviamente non cercata e sicuramente inconsapevole – con l'‘elogio dell'imperfezione’, celebrato da Spallanzani, è evidente.

Hildebrandt insiste sulle avvertenze di metodo ed inizia proprio dalle più elementari, quelle che di norma si danno per scontate e nelle quali invece si celano le insidie peggiori. Innanzi tutto bisogna accertarsi se il campione di fosforo, che si andrà a sperimentare, ‘funziona’, cioè se ha la consueta reazione luminosa in aria comune. Quindi lo scienziato precisa di aver collocato i contenitori in ambiente invernale non riscaldato (24°-40°F) ma, al bisogno (cioè quando la luce non si verifica), di aver spostato gli strumenti a temperatura fra i 70° e gli 80°F e, se necessario, finanche in posizione surriscaldata dalla stufa (80°-90°F). Ogni volta ha curato di asportare l'anello di acido fosforico che in acqua si forma sul minerale e di aver asciugato accuratamente il reattivo a ogni passaggio attraverso il mercurio. E non solo. Per l'osservazione dei bagliori ha fatto proprie le avvertenze di Scherer e Jäger circa limiti e potenzialità della vista umana, lavorando finanche al buio per non perdere la percezione neppure dei fenomeni minori.

Sott'acqua, il fosforo viene sospinto con un lungo ago di ferro in bottiglie e cilindri di vetro trasparente e capacità data, riempiti con l'azoto ottenuto secondo il protocollo e capovolti sulla plancia dell'apparecchio pneumatico. Il minerale vi resta tre giorni, alle temperature diverse, senza produrre mai vapori né emettere luce. Temendo che d'ostacolo sia il passaggio attraverso il liquido, Hildebrandt modifica la procedura e introduce rapidamente il fosforo su un ago infisso nel tappo che va a chiudere la bottiglia piena d'azoto nell'istante medesimo in cui essa è, con ogni attenzione, sollevata dall'acqua. Ma nessuna reazione luminosa segue. Quindi lo scienziato estrae e ricolloca più volte il reattivo, che infatti si accende e si spegne in corrispondenza delle manovre. Il gas è contaminato e così lo rivela il test della fiamma. Urge una preparazione più accurata.

Il minerale viene disseccato nel fornello chimico, il carbone arroventato nel crogiolo e il gas lavato con latte di calce. Il nuovo fluido elastico entra in una

bottiglia sveltamente tolta dall'acqua per introdurvi il reattivo che, evitato ogni contatto con il liquido, s'illumina subito e brilla per due giorni. Ma l'esito non cambia neppure operando con l'acqua e introducendo il fosforo in un cilindro pieno del medesimo azoto. Non solo fumo e luce sono addirittura più intensi e duraturi che in aria atmosferica, ma sembra verificarsi finanche un accenno di risalita del liquido, confermata e quantificata usando un cilindro più alto e stretto. La narrazione rimarca il 'dato', ma per ora non lo trasforma in 'fatto' e non esplicita ciò che la variazione del livello indica, vale a dire l'avvenuta diminuzione del volume del gas e tanto meno si esprime su quanto essa può significare.

L'autore torna sui suoi passi e ribalta l'approccio al problema: non bisogna capire cosa suscita, ma cosa *spenga* la reazione, vale a dire se la fine dei bagliori sia dovuta all'acido, di cui si copre il minerale oppure a una modificazione subita dal gas. Ecco il ricorso a nuovo fosforo, che in effetti non brilla a nessuna temperatura e orienta perciò l'attenzione al gas che, dopo una reazione prolungata, ha perso la capacità di far rilucere il reattivo. Hildebrandt prova ad aprire sotto l'acqua la bottiglia dalla quale l'aveva accuratamente esclusa, il liquido entra in quantità notevole ed ecco i bagliori che riempiono il contenitore (e non il fosforo) e che si vivacizzano quanto più l'acqua viene mossa. L'agitazione del liquido non ridesta invece alcun fenomeno nella prima modalità sperimentale che ha gestito tutte le operazioni sotto il battente dell'acqua.

Con una variazione ulteriore, si introduce il fluido elastico in un vaso con acqua di calce e per sette giorni il fosforo manifesta luce, via via meno intensa. Il livello, ben lungi dal risalire, diminuisce, ma si tratta presumibilmente di sbalzi di pressione contingenti e segnalati dal barometro, che non viene perso di vista. Tutto è ripetuto in mercurio, per smascherare una volta per tutte l'azione eventuale dell'acqua, ma gli eventi, benché di durata più breve, non cambiano quanto a luce, risalita del liquido e inefficacia del ricorso a un nuovo pezzo di fosforo intatto dall'acido: una volta conclusi, i fenomeni non riprendono.

La narrazione è costruita perché tasselli diversi elaborino la regola discriminante e accerchino le contingenze accidentali. Durata limitata degli eventi e modesto assorbimento di gas sembrano a Hildebrandt indizi non trascurabili di impurezza da ossigeno. L'azoto è quindi sottoposto al test con aria nitrosa, che però non induce i noti vapori rossastri né alcuna contrazione di volume: sembra dunque che non ci sia aria vitale. Il chimico tedesco, che sa usare con abilità la 'retorica dell'errore', torna però sulle dimensioni del contenitore e le ammette sufficientemente larghe perché una diminuzione possa essere sfuggita. Quindi prova (e riprova) con l'eudiometro di Fontana, che finalmente rivela infatti una (modesta) presenza di ossigeno. A questo punto, dall'impurezza non cercata ma svelata, si passa al test della contaminazione voluta e consapevole.

Hildebrandt ammette di non disporre di puro ossigeno, ma bypassa la mancanza aggiungendo una quantità data di aria comune ad azoto che gestisce sul mercurio e che è stato inattivato da una reazione precedente. Luce e vapori non tardano e sono più vivaci quando il fosforo è liberato dall'umidità acida, che lo ricopre e che però già s'è dimostrata una variabile inessenziale. Essi

durano a lungo in locale ben riscaldato, si ridestano a ogni aggiunta e in modo corrispondente va la risalita del metallo liquido, cioè l'assorbimento del gas. Si può, a questo punto, tornare dal mercurio all'acqua. Lo scienziato riprende il gas depurato in acqua di calce, sott'acqua lo passa a una nuova bottiglia e vi immette il fosforo accuratamente lavato anch'esso. I fenomeni riprendono, sia pur per breve durata. Ci si deve liberare dall'aria atmosferica evidentemente contenuta nell'acqua. Per farlo, Hildebrandt ricorre alla bollitura, riempie sia il dispositivo pneumatico sia un grosso fiasco, dove lava il gas residuo dal precedente esperimento e quindi lo trasferisce in due bottigliette con acqua. Attraverso il liquido, immette ed estrae il fosforo più volte, con fumo e luce che si spengono quando il reattivo viene tolto e si accendono a ogni immissione nel gas. È dunque indifferente che il minerale sia bagnato o asciutto e persino che la temperatura diminuisca. I fenomeni reggono in modo sorprendente per ben nove giorni, con modulazione e ripresa dell'intensità grazie all'inserimento di nuovo fosforo. L'aria atmosferica presente nell'acqua *non bollita* – conclude Hildebrandt – non era dunque responsabile dei bagliori, che in acqua *bollita* si manifestano anche più intensi e si accompagnano pure all'acidificazione del reattivo, o quanto meno all'arrossamento della cartina di tornasole che si verifica agitando l'acqua della bottiglietta. Esaurita definitivamente la reazione nel primo campione, a nulla vale usare fosforo nuovo o liberato dal noto anello acido. I fenomeni si ridestano invece aggiungendo gas prelevato dalla seconda ampolla, il quale, a sua volta esausto, è ripetutamente attivato con lavaggio e agitazione in acqua. Per giorni, gas residuo e fosforo (bagnato o meno) vengono passati e ripassati in cilindri diversi usando l'apparecchio idropneumatico e ottenendo ripresa sempre più breve della nebbia luminosa diffusa nel contenitore e sopra l'acqua (anche a fosforo estratto). Tutto è perfettamente indifferente al fatto che la temperatura sia sotto lo zero termico e l'acqua ghiacci.

Nel periodo fra il 21 febbraio e l'8 marzo 1796 (che conclude la serie sperimentale) Hildebrandt assicura di aver ripetuto tutti i giorni il protocollo con gas che, dopo ben 60 lavaggi in acqua, è stato sempre in grado di riprodurre i fenomeni (seppur di durata ogni volta inferiore). Nulla avviene invece sotto il battente del mercurio, almeno sino a che non si immette ossigeno. È quindi l'inquinamento d'aria vitale il responsabile dei fenomeni e su di esso le manovre con salnitro, acqua, acqua bollita e fosforo in combustione evidentemente non riescono ad avere la meglio.

Per sciogliere ogni dubbio residuo, lo scienziato fa infine comparire sulla scena ossigeno prodotto da calce mercuriale. Si colloca il tutto in una stanza mediamente riscaldata, annotando pressione e temperatura, e, immesso il fosforo, i bagliori sono subitanei e proseguono con risalita del metallo liquido per un'intera giornata, quando il fosforo non dà più luce, neppure dopo essere stato estratto, asciugato e ricollocato. Basta tuttavia introdurre (più volte) nuovo ossigeno per avere (più volte) ripresa dei bagliori e rapida ascesa del mercurio. Lo stesso accade in azoto già perfettamente inerte.

A questo punto il chimico tira le fila: nella reazione è stato consumato ossigeno e ciò che resta al termine dei fenomeni è azoto e nient'altro che azoto, incapace di risuscitarli. D'altro canto, bisogna ammettere che in *Salpeterstoffgas* (da cui tutto ha preso avvio) luce e acidificazione del fosforo si manifestano indipendentemente dall'uso di acqua o mercurio, anche a temperatura di congelazione e pure quando il minerale è in condizioni 'impossibili' per una reazione in aria atmosferica. La luce, maggiore che in aria comune, persiste sino al residuare di un fluido elastico del tutto inerte e pari (approssimativamente) a ciò che rimane dopo di aver passato tale *Salpeterstoffgas* nell'eudiometro ad aria nitrosa. Una volta conclusa, la reazione non può essere ripristinata sostituendo il reattivo, ma è sufficiente unire una quantità anche modesta di aria vitale o comune perché gli eventi riprendano sino a che il volume gassoso diminuisce per quantità corrispondente al puro ossigeno aggiunto. E gli eventi ricominciano, con la stessa modalità 'a termine' e per intervalli sempre minori, ogni qual volta il fluido elastico viene lavato in acqua, bollita o meno che essa sia.

La trasparenza dei 'dati' svela il 'fatto'. È quindi ("quasi")¹³ chiaro che il fosforo s'illumina solo in azoto contaminato d'aria vitale e che tale contaminazione viene dai (modesti) residui non espulsi dai dispositivi. Molti sono però i fenomeni che l'autore tedesco non riesce a normalizzare. La luce, che in *Salpeterstoffgas* è addirittura più intensa che in aria comune, indica forse che in esso l'ossigeno è particolarmente "densificato"?¹⁴ E ancora: la ri-attivazione del fosforo per azione dell'acqua induce a ipotizzare un fenomeno di scomposizione in grado di liberare ossigeno: ma come spiegarne ragioni e modalità? Come è possibile che una tipologia d'azoto, che contiene una quantità d'ossigeno insufficiente a sostenere respirazione e combustione, sia in grado di indurre i bagliori nel fosforo? L'ambiguità, tipicamente tedesca, della dissociazione fra luce e combustione dunque persiste. Non meno problematica appare inoltre la nebbia luminosa che resta nel contenitore anche quando il fosforo ha cessato di brillare. Hildebrandt ipotizza esalazioni fosforiche che riempiono l'intero spazio aereo e spiegano il lampo che si innalza allorché il vaso è sollevato dal mercurio e gli effluvi vengono a contatto con l'aria atmosferica. Quando invece l'acqua penetra nello spazio occupato da tali vapori, essa potrebbe risultarne scomposta e le esalazioni di fosforo mutarsi in gas acido fosforoso, con la comparsa di nebbia luminescente. I condizionali sono troppi e Hildebrandt si dice "ben lontano" dall'aver "stabilito" ogni cosa,¹⁵ essendo solo "verosimilmente inclinato" ad ammettere quanto ulteriori esperimenti dovranno dimostrare.¹⁶

13. Hildebrandt, *Versuche über das Leuchten*, cit., p. 508.

14. *Ibid.*

15. *Ibid.*, p. 508.

16. *Ibid.*, p. 507.

V.2. Gli effluvi fosforici

A condizioni estreme di combustione e alla problematicità degli effluvi fosforici torna il lavoisieriano olandese Martinus Van Marum (1750-1837) con il resoconto di esperimenti compiuti in realtà alla fine del 1794 e probabilmente sull'onda delle ricerche contemporanee del gruppo di Deiman.¹⁷ Si racconta di un'occasione del tutto casuale: per accendere il fosforo in un pallone di vetro, dove è stata aspirata l'aria e immesso ossigeno dal gasometro, lo scienziato olandese non dispone di uno specchio ustorio e quindi fascia il minerale con cotone e resina polverizzata, lo colloca tra due fili conduttori e fa scoccare la scintilla elettrica. La procedura si rivela efficace e, dopo pochi giorni, il professore ripete l'esperienza per i propri studenti. Si mette il fosforo così preparato in un crogiolo di platino, pendente al centro del pallone, e si aziona la pompa a vuoto. Più l'aria viene rarefatta, più aumentano i bagliori del reattivo, che va in combustione. Incredibilmente le manifestazioni sono poco più deboli e brevi di ciò che avviene in aria comune e pressione normale. Si ripete con due pezzi di fosforo, uno solo dei quali viene avvolto in cotone e resina: entrambi bruciano, ma, a maggior rarefazione, è solo il reattivo ben avviluppato a perseverare. Bisogna dunque capire cosa – cotone, resina, o cotone più resina – determini la bizzarria e l'allestimento successivo di tre campioni decide per il cotone.

Individuare quale materia faccia la differenza è evidentemente interrogativo secondario. Il punto è stabilire se e come la nuova chimica possa inquadrare un evento di combustione a un livello di rarefazione che spegne tutti gli altri combustibili, e per di più a una temperatura che non dovrebbe consentire al fosforo di bruciare. È a questo punto che Van Marum ricorre al fenomeno – già citato da più autori – degli effluvi fosforici. In aria rarefatta le esalazioni del fosforo restano necessariamente in prossimità del minerale e solo in prossimità di quest'ultimo ad esse può unirsi l'ossigeno con le conseguenti manifestazioni di luce e calore. Entrambi sono quindi più intensi rispetto alla condizione normale, nella quale le particelle possono innalzarsi e disperdersi. Lo stesso vale per il calorico – e ciò spiega sia la temperatura più bassa nella quale la reazione riesce ad avere luogo, sia la proporzionalità alla rarefazione del gas. Ecco quindi che gli eventi si ripetono ogni qual volta particelle di fosforo e di ossigeno sono messe in condizione di incontrarsi. Finita la combustione e raffreddato l'azoto residuo (la sperimentazione passa evidentemente dall'ossigeno all'aria comune, ma l'autore non lo dichiara), l'effluvio fosforico scende sul fondo del contenitore e si rende visibilissimo per la luce che segue i corpuscoli ricaduti. Luce – beninteso – suscitata non già dall'azoto, ma dall'entrata di nuova aria

17. Martinus Van Marum, *Wahrnehmungen über das Verbrennen des Phosphors in dem sogenannten leeren Raume der Luftpumpe*, "Neues Journal der Physik", 1796, III, pp. 96-108. Il saggio è riproposto in francese anche nelle "Annales" (1797, XXI, pp. 158-173). Su Van Marum cfr. Robert James Forbes – E. Lefebvre – J.G. De Bruyn, *Martinus Van Marum: Life and Work*, Haarlem-Leyden, H.D. Tjeenk Willink & Zoon, Noordhoff International Publishing, 1969-1976, 6 voll.

nel contenitore della macchina pneumatica. Non solo: il cotone che avvolge il reattivo impedisce al calore di disperdersi ed è il calore in tal modo concentrato (teste l'uso di un termometro specifico) che provoca l'accensione. Solo in apparenza, quindi, la combustione avviene a temperatura minore di quella consueta, così come solo in apparenza si può definire vuoto quella che è invece la massima rarefazione raggiungibile con la pompa. A differenza dei distinguo formulati dai colleghi tedeschi, per Van Marum tipicità e peculiarità del contesto non toccano il principio cardine della *chimie nouvelle*: combustione, e null'altro che combustione, si deve definire un fenomeno come quello in atto, che comporta variazione di peso e formazione di acido.

Sui controversi vapori fosforici e sulla contaminazione dell'azoto si pronuncia anche il chimico belga Jean-Baptiste Van Mons (1765-1842),¹⁸ che parimenti contesta Götting, al quale di nuovo si imputa l'uso di gas inquinato da ossigeno. Comunque lo si produca, l'azoto è infatti impuro e tale è quello che lo stesso Van Mons ha ottenuto da ammoniaca con calce metallica e al quale viene più volte unito il fosforo incandescente perché ne assorba l'ossigeno. Completata la depurazione con l'alcali caustico e il lavaggio in acqua, il gas è collocato in un tubo di vetro piegato in mezzo e chiuso ad un'estremità, dove si fa salire il reattivo sotto il battente del mercurio. Il fosforo si accende e tale viene mantenuto grazie al calore del carbone ardente. La procedura si completa con la sostituzione del fosforo e viene ripetuta per tre volte, sino a temperatura di fusione. Il volume del gas si riduce circa a un quarto, ma la combustione non risparmia neppure l'idrogeno inevitabilmente presente in azoto prodotto da ammoniaca. Tutto il gas, a questo punto, sembra illuminarsi, ma in realtà è ancora un residuo d'ossigeno a incendiare il fosforo che si trova ormai in forma vaporosa. Conclusi i fenomeni e raffreddato il tutto, il fluido elastico rimanente viene liberato da ogni eventuale residuo di acido e quindi rimesso nel primo tubo accuratamente lavato. A temperatura ambiente, un nuovo pezzo di fosforo tradisce luce appena percettibile e istantanea. L'inconsapevolezza ha dunque ingannato il collega tedesco, ma la consapevolezza mette in guardia dal considerare che la battaglia per il gas incontaminato possa essere vinta senza difficoltà.

V.3. Contestazioni flogistiche

Richter, che Götting ha chiamato esplicitamente in causa e ha dato per confutato, risponde nel 1796 all'interno del settimo volume della sua enciclopedia chimica,¹⁹ e rivendica l'indifferenza del proprio sistema rispetto alla solidità o meno dei punti centrali del *Beytrag*. In realtà, lo scienziato metabolizza non poco della chimica della luce di Götting: entrambe le teorie considerano infatti

18. Jean-Baptiste Van Mons, *Ueber die vorgebliche Eigenschaft des Phosphors im Stickgas zu brennen*, "Neues Journal der Physik", 1796, III, pp. 325-328.

19. Richter, *Ueber die neuern Gegenstände der Chymie*, cit., vol. VII, in part. pp. V-VII; 1-50.

l'azoto una sostanza composta, nella quale però, secondo Richter, è presente aria vitale e flogisto. Nella reazione tra fosforo e azoto, il flogisto liberato sia dall'uno che dall'altro produce luce unendosi al calorico che il gas possiede in quanto tale e che Götting nega. D'altro canto, *Phosphorstoff* e *Lebensluftstoff* dell'azoto si combinano in acido fosforico. La vivacità della reazione luminosa (a temperature impossibili in aria comune) si spiega poi per entrambi con la quantità doppia di flogisto che viene messa in gioco. In ossigeno la situazione deve essere per contro compensata aumentando la quantità di calorico.

Perché invece la reazione in azoto avvenga a temperatura più bassa (ma non si velocizzi innalzando il calore) è cosa – si rimarca – che non trova risposta nel *Beytrag* e che Richter ritiene invece di poter spiegare senza problemi. Ogni gas – azoto in primis – porta con sé acqua che il calore non riesce a vaporizzare, acqua che si lega al fosforo, che impedisce la reazione e che Götting si è infatti sempre affannato a rimuovere. Nel caso dell'ossigeno le cose vanno ben diversamente poiché siamo in presenza di una quantità di calorico (aumentata anche dalla maggior temperatura comunque necessaria) che non si combina con il flogisto, resta libera ed è quindi in grado di indurre il passaggio dell'acqua allo stato gassoso.

A questo punto s'intende perché in Richter non ci sia spazio per la distinzione, centrale nel *Beytrag*, fra bruciare e rilucere. La dissoluzione del fosforo in azoto è anch'essa combustione: combustione estremamente lenta, quanto lenta e forse insensibile è la perdita di calorico. Quello emesso dall'azoto si combina subito con il flogisto, dando la luce, che è quindi composta da entrambi in percentuali volta a volta diverse. In tal modo resta libera una quantità di calorico pressoché impercettibile e per questo sfuggita al termometro del collega. Opposto è il caso dell'ossigeno, dove il flogisto a disposizione è minore, si rende disponibile una maggior quantità di calorico e si ha quindi un aumento sensibile della temperatura. Parimenti ovvio è che il fosforo arda con luce più viva in ossigeno contaminato da azoto. In presenza di un corpo non combustibile si darà invece liberazione di flogisto e di calorico secondo un rapporto tale da consentire solo la manifestazione della luce senza calore.

Quanto alla supposta metamorfosi dell'ossigeno in azoto, la tesi – secondo Richter – involve Götting in un intrico di contraddizioni e s'inquadra invece in modo perfetto nella chimica tradizionale: l'ossigeno si trasforma (parzialmente) in azoto perché la luce gli conferisce il proprio flogisto e lo stesso avviene finanche all'aria atmosferica per il flogisto liberato in pieno sole. Nella mani di Richter la dottrina di Götting mostra insomma la sua vera inclinazione ed è ricondotta senza troppe difficoltà alle tesi flogistiche 'riformate'. Il professore di Jena introduce senza motivo denominazioni nuove e scorda che la luce è composta di materia del calore e flogisto secondo rapporti quantitativi che Richter ritiene di aver ampiamente dimostrato nella *Phlogometrie*²⁰ e nella

20. Richter, *Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Messkunst chymischer Elemente [...] Des ersten Theiles zweyter Abschnitt enthaltend die reine Thermimetrie und Phlogometrie*, Bresslau-Hirschberg-Lissa, 1794.

formulazione della legge degli equivalenti chimici che porta il suo nome. Per il fondatore della stechiometria la prospettiva prediletta è insomma quella dell'analisi matematica e la cosa diventa ancora più evidente quando egli riprende le note contestazioni di impurezza generalmente mosse ai gas di Göttling.

Vengono in particolare ricordati gli esiti diversi delle esperienze eseguite da Scherer, Jäger e Girtanner con l'apparecchio idropneumatico in luogo del dispositivo a mercurio. Nel primo caso, aggiungendo aria atmosferica all'azoto, è infatti sufficiente una temperatura inferiore perché il fosforo risplenda e bruci. La spiegazione che della cosa dà Girtanner, e con lui i lavoisieriani, chiama in causa la contaminazione dell'azoto ad opera dell'acqua. In effetti la presenza di quest'ultima porta senz'altro alla liberazione di idrogeno e ossigeno e quindi inquadra la scomposizione del reattivo, ma non la comparsa della luce di cui – afferma Richter – solo il calcolo flogico e termometrico è in grado di dar conto. Il punto non è quindi contestare a Göttling la fragilità procedurale. Quello è il piano della nuova chimica, che infatti non offre, secondo Richter, una dimostrazione adeguata dei fenomeni. Ciò che fa la differenza è piuttosto l'inquadramento degli eventi in termini flogometrici e secondo i nuovi rapporti quantitativi che si stabiliscono.

La concorrenza rappresentata dal sistema di Göttling appare assai pericolosa a Gren e alla sua teoria sintetica tra flogisto e *chimie nouvelle*. Nella terza edizione del suo *Grundriss der Naturlehre*²¹ Gren riprende i fondamentali dello *Handbuch* e, con attenzione massima alle voci recenti del dibattito europeo, li affina dal punto di vista sia teorico sia dei protocolli sperimentali. Si parte da luce e calorico: è vero che essi sono sovente combinati in fuoco, ma dalla frequente coesistenza non segue la loro identità, né che il calorico sia l'unica causa di ogni fenomeno luminoso – come appare dalla dissociazione possibile fra comparsa di bagliori e sviluppo di alta temperatura. Semmai, dalla necessità di una certa quantità di calore perché compaia la luce, si inferisce che quest'ultima non è fluido in sé espansibile, ma lo diventa quando il calorico si combina con la sua base. *Brennstoff* (i.e. flogisto) è termine e concetto contestato – Gren ne appare consapevole – ma esso rappresenta tale base specifica, che dal calorico può separarsi. I bagliori emessi senza combustione sono appunto causati dal flogisto che, assunto attraverso la scomposizione della luce, non si combina chimicamente, ma sembra “aderire”²² alle sostanze e può esserne separato per mezzo della temperatura (che lo ricongiunge al calorico) o di particolari combinazioni, come la nota miscela olandese di zolfo e rame.

La posizione è con molta evidenza piuttosto lontana dalla nuova chimica. Tuttavia proprio a quest'ultima (e citando formalmente il *Traité* di Lavoisier) Gren si riconduce, riprendendo il protocollo classico della combustione del fosforo in aria atmosferica. La dottrina francese ha calcolato tutto con estrema

21. Gren, *Grundriss der Naturlehre [...] dritte und umgearbeitete Auflage*, Halle, 1797, in part. pp. 540-580.

22. *Ibid.*, p. 556.

precisione – osserva Gren – ma la nuova chimica, per la quale nella combustione tutto viene dall'ossigeno e nulla dal combustibile, non spiega fenomeni che escludono combustione e ossigeno, ma nei quali la luce entra indiscutibilmente in causa. Ammettere l'esistenza di *Brennstoff* – base della luce e sostanza imponderabile, chimicamente semplice e contenuta in tutti i corpi combustibili – produce finalmente il sistema in grado di dar conto di quegli eventi, ricongiungendo vecchia e nuova chimica. Nel caso sempre esemplare del fosforo, il calore aumenta l'attrazione del minerale per la base dell'ossigeno e determina la conseguente formazione di acido, ma in tal modo il flogisto fosforico si libera e, combinandosi con il calorico dell'aria vitale, dà luogo a fuoco e luce. I diversi colori della fiamma spiegano infatti le diverse quantità messe in gioco. Per contro, temperature insufficienti possono rendere la combustione così debole e lenta da ridurla a manifestazione luminosa rilevabile solo al buio (in aria comune) o non rilevabile affatto – come accade in puro ossigeno dove, perché il fenomeno si renda percepibile, è necessaria l'unione con l'azoto. Ed è proprio quanto ha notato Götting – rimarca Gren. Ma se il fosforo riluce in azoto, ciò è solo segno dell'impurezza di quest'ultimo. Su questo punto anche Gren coglie in fallo l'inavvertenza sperimentale del professore di Jena, ma contemporaneamente si avvicina alle basi della sua teoria. La luce in azoto diventa infatti caso classico dove l'unione di due sostanze combustibili aumenta l'attrazione per l'ossigeno e diminuisce quella per il flogisto, che quindi si rende libero. In termini non dissimili vengono letti gli ultimi esperimenti di Van Marum, dove – come s'è visto – il fosforo riesce a dar luce finanche in aria comune estremamente rarefatta.

A questo punto, e con un *revirement* teorico notevole, Gren affronta il tema dell'eudiometria e si produce nell'elogio dello strumento a fosforo costruito sui fondamentali della nuova chimica: dispositivo ottimo, malgrado il modesto residuo d'aria vitale, lento ma sicuro. Il chimico tedesco non si limita a citare le tipologie note, ma ne propone una variante che descrive congruente con la sua prospettiva sincretica e che risponde in primis alla necessità di togliere il consaputo rivestimento acido, pernicioso per la prosecuzione dei fenomeni in azoto. Lo strumento consiste dunque in un tubo cilindrico rovesciato nell'apparecchio idropneumatico, col quale viene introdotta una quantità data di aria atmosferica. Il tubo è graduato, ma Gren non esplicita come venga costruita la scala, ciò che – si ricorderà – nel caso di Spallanzani e di Giobert richiedeva manovre precise e ben dettagliate, ma consentiva poi valutazioni percentuali, importanti per bypassare la varietà dei sistemi di misura. Quanto al fosforo, esso è infisso in aghi disposti su un tappo di diametro congruo rispetto all'estremità aperta del cilindro e dotato di un filo che, tirato sott'acqua, permette sia di introdurre il reattivo nel gas sia di rimuovere l'acido che vi si forma durante la combustione: il tutto senza estrarre il minerale e rischiare contaminazioni d'aria comune. L'apparecchio viene finalmente collocato in un vaso con acqua sino ad esaurimento dei fenomeni luminosi. A questo punto si toglie il tappo e la differenza di pressione e temperatura indica il volume di ossigeno con-

sumato e la quantità d'azoto rimasta. Gren non spiega come i due parametri consentano di quantificare la variazione (in termini assoluti? percentuali?), non illustra passaggi per determinare la porzione d'ossigeno che il fosforo non riesce ad assorbire e tanto meno dimostra come si confermi l'inerzia dell'azoto. Quanto al tappo, viene usato proprio il sughero – poroso e inaffidabile – che già aveva inorridito Spallanzani. Ma del *Chimico esame* molto probabilmente Gren non sa nulla.

V.4. L'azoto e la “dissoluzione” del fosforo

Dopo il caso Götting, Berthollet è il primo che, all'interno del fronte lavoisieriano, si esponga pubblicamente e prenda partito circa le proprietà eudiometriche del fosforo,²³ di cui – come s'è detto – ha presumibilmente conversato con Spallanzani durante l'incontro di Reggio. Berthollet non discute i fondamenti teorici della chimica di Götting e propone un approccio francamente sperimentale: nel suo azoto, ottenuto per decomposizione di ammoniaca trattata con acido muriatico ossigenato e lavato da eventuali residui di gas acido carbonico, il reattivo produce fenomeni innegabili, ma brevi e deboli. Ha poi sicuramente ragione Götting quando sostiene il fatto, noto e ammesso da sempre, per cui in ossigeno non si danno né luce né assorbimento se non a temperatura decisamente più alta. La chiave di tutto sta nella proprietà manifestata dall'azoto di “dissolvere” il fosforo,²⁴ consentendo in tal modo all'aria vitale di unirsi al minerale con maggior facilità e acidificarlo nella nota combustione lenta. Infatti, in mancanza d'azoto, l'azione del solo ossigeno è possibile, ma richiede maggior temperatura, appunto per annullare la “forza di coesione”²⁵ che esiste tra le molecole del fosforo e si oppone alla loro combinazione con il gas. Ecco quindi che l'intensità della luce è maggiore con più azoto, ma di maggior durata con più ossigeno.

Per ben gestire il gioco delle percentuali dei fluidi elastici, fondamentale è la scelta del dispositivo analitico e Berthollet (che probabilmente l'ha visto all'opera nelle mani di Spallanzani) si produce nell'elogio dell'eudiometro a fosforo. Glissa sui limiti noti del minerale e presenta l'apparecchio come più preciso degli strumenti a gas nitroso e a idrogeno, più veloce della soluzione di fegato di zolfo, inequivoco circa inizio e fine della reazione, oltre che di semplice architettura. In realtà Berthollet illustra un mero tubo dove il fosforo entra fissato su un'asta di vetro, non dà alcun dettaglio operativo sul come graduare lo strumento e offre una descrizione talmente generica da rendere pressoché impossibile riprodurre l'apparecchio.

23. Berthollet, *Observations sur les propriétés eudiométriques du phosphore*, “Journal de l'École Polytechnique, ou bulletin du travail fait à cette École”, 1796, III cahier, pp. 274-278.

24. *Ibid.*, p. 275.

25. *Ibid.*

La sua narrazione di avvertenze ed eventuali criticità procedurali consuona invece con quanto è accaduto (o sta accadendo) proprio nel laboratorio di Spallanzani: la dimensione dei tubi incide sulla velocità della reazione, il calore della mano è già sufficiente per correggere la temperatura eventualmente poco adeguata, accensioni rapide e violente vanno evitate perché solo la combustione lenta permette l'assorbimento ottimale dell'ossigeno. Dovendo infine pur dar conto della modesta reazione luminosa innegabilmente notata in azoto, il rimando è alla piccola porzione d'ossigeno che il gas assume dall'acido nitrico o dal muriatico ossigenato di cui ci si serve per produrlo, o finanche dall'acqua usata per trasporti e passaggi. La chimica della luce di Götting resta dunque inaccettabile ma, sull'onda delle conclusioni di Berthollet, altrettanto certamente va rivista l'idea dell'azoto forgiata dalla nuova chimica. Esso in realtà agisce sul fosforo, probabilmente sullo zolfo, entra in un gran numero di fenomeni atmosferici, ha ruolo importante nella chimica organica e fors'anche nella distinzione tra sostanze animali e vegetali.

Anche Deiman ripete gli esperimenti di Berthollet (e di Van Marum) con esiti analoghi.²⁶ Né l'azoto è l'unico gas mefitico capace, a suo avviso, di "sciogliere" il fosforo:²⁷ anche in idrogeno si sono avute manifestazioni luminose (benché tutte ancora da verificare). Ovunque luce si manifesti, ciò accade – beninteso – per la presenza di una sia pur minima percentuale di ossigeno, ma di sicuro l'azoto non offre più la rappresentazione migliore del gas inerte.

L'eco dei fermenti in atto appare anche nella contestazione di Götting finalmente allestita dal partito lavoisieriano, firmata da Fourcroy e Vauquelin e letta all'Institut de France il 31 gennaio 1796. Il saggio è però pubblicato sulle "Annales" solo nel fascicolo del 28 febbraio 1797,²⁸ cioè con grande ritardo rispetto sia alle voci europee ricordate sia al *Chimico esame* di Spallanzani che, per organicità e solidità dell'apparato sperimentale, già le aveva staccate di netto. Il piano della memoria è simile a quello della confutazione condotta dallo scienziato italiano: i due autori rimarcano, e anzi enfatizzano, l'alterità di Götting rispetto alla chimica nuova, che è e resta vincente. Non c'è alcuna intenzione di misurarsi con i fondamenti teorici del sistema tedesco e in particolare impossibile è considerata qualsivoglia discussione con Lempe e Lampadius, che identificano per ossigeno il gas rimanente dopo la combustione del fosforo in aria comune. Questo è l'errore che non vale neppure la pena del confronto sperimentale, tanto confligge con le esperienze lavoisieriane mai confutate e con le analisi eudiometriche più recenti. Ben diverso è il caso di Götting, al quale si rende l'onore delle armi. È infatti con "esperienze singolari" che il professore

26. Deiman, *Ueber das Leuchten des Phosphors im Stickgas*, "Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen", 1796, II, pp. 623-625.

27. *Ibid.*, p. 624.

28. Fourcroy – Vauquelin, *Examen des expériences faites en Allemagne sur la prétendue combustion dans le gaz azote, etc., et des résultats qu'on en a tirés*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1797, XXI, pp. 189-220.

di Jena ha prodotto un robusto tentativo di rovesciare la dottrina francese ed esso va quindi contrastato sul terreno sperimentale, l'unico che può trovare e svelare la causa dell'"illusione" tedesca.²⁹

La prospettiva è ben differente da quella cautamente 'aperturista' di Berthollet: l'azoto potrà anche dissolvere il fosforo, ma – come lo stesso Berthollet ha del resto riconosciuto (e lo si sottolinea) – è pur sempre il residuo (inavvertito) di ossigeno che provoca la luce. Le esperienze attuali andranno programmaticamente oltre la discussione di questo o quel dettaglio e mostreranno che i risultati di Göttling, ben lungi dal confutare il nuovo sistema, lo confermano piuttosto. *L'Examen des expériences faites en Allemagne* si propone come confutazione 'ufficiale', organica e globale, ma dopo la vasta e rigorosa contestazione italiana è difficile far più e meglio.

Molti sono i punti ormai acquisiti che Fourcroy e Vauquelin di fatto possono solo sistemare e inquadrare. Il dato della temperatura è stabilito a 22°R perché in ossigeno il fosforo possa sviluppare combustione lenta e a 32°R perché il reattivo vada in combustione rapida. L'operazione è del resto semplicissima: la luce compare e scompare riscaldando e raffreddando il gas. La narrazione dunque spiana e rettifica ogni asperità del percorso e quindi capovolge la strategia retorica di Spallanzani. L'azoto, che compare subito sulla scena, non è quindi il campione di impurezza da smascherare. Estratto da carne bovina trattata con acido nitroso e agitato in acqua per lavarne i vapori, esso è gas perfettamente inerte, dove il fosforo (introdotto sotto il battente del mercurio) non emette alcuna luce, neppure nell'oscurità più profonda né con volumi notevoli di fluido elastico. Si colpisce Göttling apportando il caso 'ideale' e il risultato 'perfetto', garantito sia da iterazione e variazione dell'esperienza sia dall'evocazione dei testimoni. Per contro, stabilito il ruolo dell'ossigeno puro (quello che presumibilmente non era mai stato ottenuto in nessun laboratorio dell'epoca), consegue automaticamente la consapevolezza della contaminazione e il suo uso va a conferma della nuova chimica. Luce debole si ha infatti nelle tipologie d'azoto ottenute con le varie procedure disponibili e nelle quali è dunque da presumere un residuo d'ossigeno. È infatti sufficiente immettere poche bolle di quest'ultimo nelle campane dove è raccolto puro azoto, oppure bolle d'azoto in contenitori con puro ossigeno e già a 12°R si ha luce: nel primo caso concentrata dove stanno le bolle d'aria vitale, diffusa ovunque nel secondo. La presenza di ossigeno è dunque necessaria perché il fosforo si attivi ed è necessaria quella dell'azoto (come di altri gas mefitici) solo per innescare la combustione lenta al di sotto dei canonici 22°R: ciò che è noto da tempo e non intacca i fondamentali del sistema. Infatti, dove i bagliori prolungati del fosforo hanno esaurito l'ossigeno, essi non sono ridestati da nessuna aggiunta di azoto. Quest'ultimo – ecco l'argomento di Berthollet, che sarà poi più diffusamente ripreso – agisce semmai in modo simile al calore, cioè allenta l'attrazione fra le molecole del reattivo e quindi

29. *Ibid.*, p. 193.

la loro resistenza a combinarsi, consentendo l'accensione anche a bassa temperatura.

D'inquadramento decisamente più complesso risultano, anche per i due la-voisieriani, le vicende delle esalazioni fosforiche che, non considerate da Spallanzani, hanno di recente intrigato non poco sostenitori e avversari di Götting. Nessun segno di combustione si ottiene, a bassa temperatura, immettendo ossigeno dove il fosforo ha soggiornato per ore in azoto, né fra loro interagiscono ossigeno e azoto saturati di fosforo. Portando in ossigeno bolle di azoto fosforato si ha invece fiamma viva, che si spegne però aggiungendo una seconda porzione del gas inerte. Reazione più e meno intensa si determina anche nell'unione dell'ossigeno con idrogeno fosforato e fosforoso, insieme alla produzione degli acidi rispettivi.

Il passaggio del fosforo a uno stato di minor densità (di nuovo la “dissoluzione” di Berthollet) non è di per sé sufficiente per sprigionare la luce né modifica la temperatura necessaria all'innescio dei fenomeni. In azoto infatti il fosforo si dissolve a freddo (ed è cosa che, di nuovo, non infirma la chimica la-voisieriana), ma esso non ‘fosforeggia’, né acidifica. Senza ossigeno la reazione manca, qualunque sia la temperatura, la durata e la natura del gas (fosforato o meno) in cui il minerale si trova. Le tipologie della reazione possono essere varie e diverse, ma in tutti gli esperimenti, senza eccezione ovunque si dia luce, c'è combustione, cioè assorbimento d'ossigeno e produzione di acido. I risultati supposti da Götting sono esclusivamente (e banalmente) l'esito di gas impuri e non riconosciuti per tali. Se il professore tedesco li avesse considerati con “più tempo, cura e soprattutto meno prevenzione”, avrebbe evitato di contrapporre alla solidità della chimica nuova “ipotesi senza appoggio di alcun fatto positivo ed esperienza decisiva”.³⁰ L'errore è grave – incalzano i due Francesi – e nasce dalla sintesi di imperizia sperimentale, sicumera e ignoranza. In particolare il comportamento dell'ossigeno a bassa temperatura e la dissoluzione del fosforo nei gas mefitici sono stati ampiamente studiati e perfettamente inquadrati in Francia molto tempo prima che di ciò ci si occupasse in Germania. Il che ribalta completamente le considerazioni d'apprezzamento spese in apertura per l'apparato sperimentale del *Beytrag*.

A questo punto però Fourcroy e Vauquelin riprendono la possibilità della “dissoluzione” quale fenomeno che ha luogo a bassa temperatura e che consiste in una “unione delle molecole” dell'ossigeno e di quelle del fosforo senza decomposizione del gas, liberazione di calorico, né formazione di acido.³¹ Oltre che come *explicans* della maggior reattività che il minerale manifesta in miscele di ossigeno e gas fosforati, sembra quindi che tale “dissoluzione” sia ammessa come accadimento possibile in sé – al pari dei numerosi altri che procurano l'allentamento dei legami molecolari. Pare che essa sia insomma un evento concluso, e non solo la fase preliminare dell'unico fatto riconosciuto

30. *Ibid.*, p. 211.

31. *Ibid.*, p. 213.

dalla nuova chimica, cioè la combustione (che resta “combinazione intima di fosforo e ossigeno”).³² L'ammissione non è di poco conto.

Nel numero delle “Annales” successivo all'intervento di Fourcroy e Vauquelin, un nuovo articolo di Van Mons riconosce inoltre che l'ultima posizione di Götting risulta più sfumata a proposito della costituzione di ossigeno e azoto.³³ Ma ciò cambia poco la sostanza delle cose. Il collega tedesco continua infatti a imputare la fine della reazione luminosa al fenomeno ‘nuovo’ della fosforizzazione di azoto e idrogeno, ‘dimentica’ che nel suo protocollo entrambi in realtà assorbono dall'acqua aria vitale, che quest'ultima si esaurisce e che per tal motivo (e non per altro) il fosforo cessa di bruciare. O meglio: il gas acido fosforoso blocca la combustione unicamente perché assorbe l'ossigeno disponibile e che già gli mancava per diventare fosforico. Alla novità apparente (e all'ambiguità reale) della fosforizzazione va insomma sostituita la consapevolezza della presenza di sostanze che, altamente propense a unirsi all'ossigeno, lo consumano ed è questo (e solo questo) che ostacola la combustione. Quanto alle esperienze recenti che dissolvono il fosforo (e il pensiero va di nuovo a Berthollet non citato), le temperature richieste da azoto e idrogeno (ma probabilmente anche dal gas acido carbonico) sono semplicemente inferiori al maggior calore di cui ha bisogno l'ossigeno. La dissoluzione è necessaria per la combustione, ma torna appunto ad esserne fase preliminare e non fenomeno in sé concluso.

V.5. Eclettismi italiani

Fra la mossa ufficiale del partito francese e l'intervento a gamba tesa di Spallanzani è difficile giudicare quale abbia esercitato influenza maggiore nel riorientare la comunità scientifica internazionale. Il *Chimico esame* è scritto in italiano, e al proposito l'autore non aveva nascosto timori di scarsa circolazione.³⁴ Ciò non di meno esso avrà notevole successo di pubblico, con estratti e recensioni in Germania e in Francia.³⁵ Della novità editoriale, al di là delle

32. *Ibid.*, p. 214.

33. Van Mons, *Observations nouvelles sur la propriété d'entretenir la combustion que Goettling, professeur à Jena, prétend trouver dans le gaz azote. Extrait d'une lettre du citoyen Van-Mons à M. Brugnatelli, traduite de l'italien*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXII, pp. 221-227.

34. Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 394).

35. Cfr. per es. “Göttingische Anzeigen von gelehrten Sachen”, 1798, I, pp. 493-496 e “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXII, pp. 246-257. La recensione tedesca rimarca in particolare la modifica apportata da Spallanzani all'eudiometro di Giobert, la sostituzione del dispositivo di vetro alla cucurbita di Götting e la confutazione sperimentale della metamorfosi dell'ossigeno in azoto ad opera della luce. Non è colto invece il salto di qualità che va ben oltre la contestazione dello strumento. Il *Chimico esame* sarebbe semplicemente in linea con ciò che è già stato dimostrato da molti chimici tedeschi, vale a dire l'impurezza da ossigeno dell'azoto di Götting. Un estratto del *Chimico esame* sarà pubblicato anche sulle “Annalen der Physik” di Gren nell'anno stesso della morte

Alpi si sa infatti sin dai primi del 1797 – e così rimarca Senebier il 18 gennaio, abbastanza piccato per non averne avuto informazione diretta né ricevuto l'esemplare che si attende dall'amico.³⁶ Il biologo risponde tre giorni dopo, quando finalmente è in possesso delle copie di quella che definisce una "lunga mia memoria di chimica pneumatica", dedicata proprio al corrispondente svizzero e concepita quale "esame critico" delle esperienze condotte da Götting "contro l'immortale Lavoisier".³⁷ All'amico di Ginevra, e per la confidenza che gli viene dal carteggio ventennale, chiede anzi esplicitamente una recensione, facendo al solito gran conto della strategica collocazione di Senebier e dei suoi contatti con le riviste straniere.³⁸ In effetti lo scienziato italiano sarà – come di consueto – molto accorto nella diffusione del libro, per la quale usa i canali delle amicizie, mirando soprattutto a raggiungere l'intellettualità francese.³⁹

Riconoscimento pieno, ma privato, viene da Giobert che, avuta l'opera, ne loda il "doppio servizio" che essa rende alla scienza, "insegnandoci nuovi fatti, e arrestando i tentativi di alcuni, che pentiti forse di aver troppo tardi ben conosciuta la nuova Chimica, vorrebbero vendicarsi con adottarne troppo presto un'altra".⁴⁰ Attraverso Götting, il riferimento velenoso – e neppure tanto velato – è certo al posizionamento ambiguo di Brugnatelli e di Volta. Giobert ha però da qualche tempo lasciato la chimica teorica per dedicarsi all'ambito applicativo e da parte sua non giungeranno contributi ulteriori al dibattito.⁴¹

Invero, proprio in Italia, i non pochi che ritireranno il favore già concesso

di Spallanzani (1799, I, pp. 33-63). La nota è redatta in prima persona, ma con tutta evidenza è opera di un traduttore anonimo, che rivolge l'attenzione prevalentemente ai fenomeni di fosforescenza animale e vegetale.

36. Senebier a Spallanzani, 18 gennaio 1797 (*Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 375).

37. Spallanzani a Senebier, 21 gennaio 1797 (*ibid.*, p. 375) Fra i tempi della spedizione e quelli della lettura, Senebier darà cenno di riscontro solo nella lettera del 14 giugno, producendo per altro un giudizio entusiasta del *Chimico esame*, che è detto perfetto per esperienza, teoria e scrittura (*ibid.*, p. 387).

38. Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (*ibid.*, vol. X, p. 394). A questo proposito Senebier tace sino al 26 agosto, quando promette resoconti per gli "Annalen" di Crell e per la "Gazette de Jena" (i.e. l'"Allgemeine Literatur-Zeitung"), ma resta incerto circa l'effettiva pubblicabilità delle recensioni, in contesti di cui ignora l'inclinazione pro o contro Götting.

39. Il carteggio è lo strumento con il quale Spallanzani gestisce la rete delle spedizioni. Nella cit. lettera a Senebier del 21 gennaio 1797 si legge che due esemplari sono per l'amico di Ginevra e un terzo dovrà essere trasmesso a Jurine. Una copia raggiunge George Toscan, il traduttore dei *Viaggi*, il quale già il 16 febbraio (*ibid.*, vol. X, p. 147) spontaneamente si propone come canale perché il saggio raggiunga altri colleghi francesi. Il 23 luglio 1797 (*ibid.*, p. 151) Toscan assicura di aver fatto la "distribuzione" parigina secondo i desiderata di Spallanzani, che tuttavia non ne resterà del tutto soddisfatto. Il 1° agosto il biologo non esita infatti a scrivere ad Hassenfratz (compreso nel novero di coloro che avrebbero dovuto ricevere il *Chimico esame*). Spallanzani non ha avuto infatti riscontro e non si fa scrupolo di chiedere al chimico francese perché si faccia tramite ulteriore e diffonda più copie (*ibid.*, vol. V, p. 223).

40. Giobert a Spallanzani, 8 maggio 1797 (*ibid.*, p. 86).

41. Per il prosieguo dell'attività di Giobert in senso decisamente tecnico e operativo cfr. Ciardi, *La fine dei privilegi. Scienze fisiche, tecnologia e istituzioni scientifiche sabaude nel Risorgimento*, Firenze, Olschki, 1999, *passim*.

al professore di Jena lo faranno per lo più senza citare il contributo del connazionale e riferendosi ad apparati d'esperienze generalmente modesti e complementari rispetto al lavoro di Fourcroy e Vauquelin. Al proposito entrano sicuramente in gioco contrasti anche di natura diversa rispetto al merito scientifico ed esemplare, da questo punto di vista, è proprio il caso di Brugnatelli. Nel 1796, e sull'onda delle performance del gruppo di Deiman, il professore pavese sostiene infatti che esistono tipologie diverse di combustione e che anzi è proprio dall'aver ignorato tale molteplicità che sono nate tante "dispute inutili".⁴² Non tutte infatti richiedono l'ossigeno, come non tutti i corpi combustibili si combinano con la base dell'aria vitale. Ciò che hanno osservato i chimici olandesi è, secondo Brugnatelli, combustione "piro-vampeggiante",⁴³ nella quale le sostanze (come la lava o il vetro) s'accendono ad alta temperatura senza consumarsi, emettere esalazioni gassose né necessitano appunto di ossigeno. L'evento si determina quando corpi non combustibili in senso stretto sono portati all'incandescenza: la luce e il calorico in essi ridondante salgono nell'aria atmosferica con la forma della "vampa", che non è fiamma.

In effetti Brugnatelli non si risolverà mai a un'accettazione piena della chimica di Lavoisier e le sue *Osservazioni sul fosforo*,⁴⁴ pubblicate dopo l'*Examen* francese, di quest'ultimo riprendono proprio le esperienze più sbilanciate sul terreno della fosforizzazione di alcuni gas – di certo il meno limpidamente lavoisieriano. In ambienti fosforati per la permanenza del minerale (senza combustione), il chimico pavese riferisce di fosforeggiamenti, in primis dell'idrogeno. Esso "discioglie"⁴⁵ il minerale e lo fa prontamente quanto l'ossigeno, a condizione di preservarne la purezza, cioè operando in mercurio ed evitando prolungati contatti con l'acqua. Una volta fosforato, l'idrogeno produce manifestazioni luminose se incontra ossigeno o gas acido muriatico ossigenato. E anche in quest'ultimo il fosforo fonde, "vampeggia", esplose in scintille lucide, brucia rapidamente, produce calore e continua a brillare anche dopo il raffreddamento. L'aria atmosferica, conservata in caraffe sopra acqua in cui stia il fosforo, manifesta i medesimi "fosforismi" allorché il contenitore viene agitato e la vampa si riproduce sino a che è presente ossigeno, anche in minima quantità.

Brugnatelli gioca dunque parecchio sull'equivocità di fenomeni certamente *border line* e sfugge a una loro definizione precisa, così come sfugge a un inquadramento nettamente lavoisieriano del concetto di combustione. Il tutto convive con un apparato sperimentale che di fatto si limita a confermare taluni punti ormai solidamente stabiliti da più voci nella contestazione anti Götting,

42. Brugnatelli, *Intorno alle diverse specie di combustioni*, "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli", 1796, XI, p. 41.

43. *Ibid.*, pp. 43 e sgg.

44. Brugnatelli, *Alcune osservazioni sul fosforo*, "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli", 1797, XIII, pp. 275-294.

45. *Ibid.*, p. 279.

in primis l'inquinamento da ossigeno, laddove il trasporto dei gas avviene sotto l'acqua anziché il mercurio. Alle tesi di Götting il chimico pavese torna invece a proposito della "crosta o velo ossifosforoso"⁴⁶ (cioè di acido fosforoso) che, a seguito della combustione, ricopre il reattivo e impedisce la prosecuzione del fenomeno. Agitando l'acqua, il lampo si ridesta e tutta l'aria vampeggia, ma in caso di totale assenza di ossigeno non resta che aprire il contenitore e dar libero accesso all'aria atmosferica. Fosforismo e combustione in tal modo si sovrappongono e Brugnatelli si riporta alla prospettiva della nuova chimica, ma le ambiguità sono evidenti, al punto che nel 1797 Götting non esita a citare il chimico pavese come un collega che ha ripetuto le sue esperienze con successo.⁴⁷

Brugnatelli cederà davvero solo nel 1798, prendendo posizione sulle "Annales" contro il professore di Jena.⁴⁸ In quell'occasione (che vedremo assai controversa) non riferisce però la sua ultima svolta ai risultati del saggio spallanziano (che non nomina) e cita piuttosto le esperienze recenti di Fourcroy, Berthollet e Van Mons. Brugnatelli, che non rinuncia alla sua nomenclatura chimica, ammette finalmente come unica denominazione inadeguata proprio quella di "fossigeno", già applicata all'azoto sull'onda del passato entusiasmo per il *Beytrag*. L'azoto in realtà non è generatore di luce – e quindi Götting sbaglia – ma il termine lavoisieriano è comunque anch'esso ai suoi occhi inappropriato, dato che tutti i gas irrespirabili sono incompatibili con la vita.

Volta, invece, mantiene la nota prospettiva sincretica e, nella sua *Lettera a Van Marum*, si definisce assai vicino alla nuova chimica (di cui, per molti rispetti, si considera anzi un anticipatore), ma continua a condividere la recente "correzione o aggiunta" proposta in Germania per il sistema francese.⁴⁹ Volta – beninteso – non cita più Götting, ma fa riferimento alle posizioni di Richter e di Gren, di cui per la verità non coglie le specificità. Le riconduce infatti a una medesima teoria della combustione, secondo la quale i corpi assumono certamente ossigeno (e si ossidano o acidificano), ma cedono anche un principio responsabile della luce. Ad esso i colleghi tedeschi conservano il nome di flogisto, ma solo per conciliare antica dottrina e nuova pneumatica in una teoria "modificata" che a Volta pare senz'altro "abbastanza plausibile".⁵⁰

Non sfugge alla suggestione delle novità circolanti Giambattista Venturi (1746-1822), amico e collaboratore di Spallanzani da lunga data e autore

46. *Ibid.*, p. 286.

47. Götting, *Fortsetzung der kleinen Bemerkungen aus der Chemie*, "Almanach oder Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1797, XVIII, p. 19.

48. [Brugnatelli], *Extrait d'une lettre du Cit. Spallanzani au Cit. Van Mons sur la nomenclature chimique, etc.*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1798, XXV, pp. 216-218. Come si vede dal titolo, l'*Extrait* è, in prima battuta, erroneamente attribuito a Spallanzani e per questo sarà al centro di un violento episodio polemico (cfr. *infra*, pp. 229-231).

49. Volta, *Lettera a Martino Van Marum riguardante scoperte ed esperienze sulle arie infiammabili* [26 novembre 1798], in *Le Opere*, cit., vol. VIII, p. 271.

50. *Ibid.*

della citata recensione francese al *Chimico esame*. Nello stesso numero delle “Annales” in cui compare il resoconto, egli pubblica infatti una *Addiction* non priva di ambiguità.⁵¹ Venturi ha ben presente l'azoto ‘reattivo’ di Götting e i casi ‘impossibili’ dei chimici olandesi, che hanno ridato voce ai tradizionalisti e a tutti coloro che non perdono occasione per dare l'assalto alla chimica nuova. La dottrina della combustione in ossigeno è invece certa e valida – rimarca Venturi – ma proprio perché i lavoisieriani non l'hanno mai proposta oltre ciò che è stato positivamente osservato e sperimentato. Essi insomma non negano *in assoluto* la possibilità che calore o luce si liberino senza ossigeno: ciò che del resto ad altissima temperatura avviene rapidamente e in gas tutt'altri. Le basi di tali fluidi elastici possono in tal modo entrare in nuove combinazioni che non saranno di “ossigenazione” e di fronte alle quali è gioco forza mettere in causa espressioni nuove, quali “azotizzazione” o “idrogeneizzazione”.⁵² Che si dia formazione di acido senza ossigeno è cosa che, secondo Venturi, la nuova chimica parimenti non esclude, proprio sull'onda del fatto che solo in diciassette acidi (fra i venti che sono noti) è dimostrata la presenza di aria vitale. E poiché non si può “spingere l'induzione al di là dell'esperienza”,⁵³ è ragionevole ammetterne due tipologie: la prima, e più diffusa, che è prodotta dalle sostanze combuste in ossigeno, ma anche una seconda, che risulta generata da principi di caratteristiche diverse e di cui non si conosce la base. Venturi chiude insomma con l'elogio delle “precauzioni” che segnano l'avanzare della *chimie nouvelle*.⁵⁴ È tuttavia evidente che la sua versione della ‘prudenza’ di tradizione galileiana non ha più nulla della virtù epistemologica praticata da Spallanzani. Essa metamorfizza infatti lo sperimentalismo in empiria che somma i risultati singolari e i dati nuovi accumulati nella quotidianità.

Le “Annales” ospitano pure considerazioni critiche di Carradori⁵⁵ che, da medico e naturalista, discute di legni e animali fosforici, cioè colpisce punti evidentemente secondari del *Chimico esame*. Per ciò che attiene invece il merito principale del saggio, l'autore toscano riconosce quello che non si può non riconoscere, vale a dire la parte importante avuta da Spallanzani nella confutazione delle tesi di Götting. Ciò non di meno, nega che il *Chimico esame* abbia bruciato sui tempi gli altri contributi che rendono ormai insostenibile la dottrina tedesca. Carradori mira insomma a demolire la novità sperimentale, ma di fatto riesce solo a impugnare elementi di dettaglio e a

51. Giambattista Venturi, *Addiction du traducteur*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXII, pp. 228-230.

52. *Ibid.*, p. 229.

53. *Ibid.*

54. *Ibid.*, p. 230.

55. Carradori, *Objections contre l'opinion du Professeur Spallanzani, sur la cause du luisant des phosphores naturels*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXIV, pp. 216-225.

gettare ombre, con ironia cattiva, sull'adeguatezza e l'aggiornamento dell'informazione chimica del biologo.

Tutt'altra è la voce di Giambattista Lovizolo, apertamente critico nei confronti della versione dell'eudiometro a fosforo modificata da Spallanzani. Personaggio ignoto sulla scena internazionale, ma in contatto con la comunità piemontese e di chiaro schieramento lavoisieriano, Lovizolo affida la critica a un report che non pubblicherà mai e che finirà proprio tra le carte inedite dello stesso Spallanzani, forse per il tramite di Giobert.⁵⁶ Già precettore di quest'ultimo,⁵⁷ Lovizolo in realtà coglie subito i pregi della semplificazione operata sul dispositivo, ma la contesta nella misura in cui lo strumento ne esce sprovvisto delle scale di correzione circa gli effetti di temperatura e pressione. Lovizolo vi insiste in modo particolare, dato che egli stesso ne ha dotato lo strumento di Giobert, calcolandole in funzione delle leggi che regolano la compressione dei gas, la pressione dei liquidi e l'espansione dell'aria. È vero che i regoli in circolazione, applicabili e rimovibili, riescono generalmente a ridurre tutto a un'operazione meccanica. Generalmente, ma non sempre. Bisogna quindi continuare a prevedere, dietro lo strumento, lo spazio per affiggere le formule e, nel caso, effettuare i calcoli in modo esatto. La correzione – rimarca il chimico piemontese – è assolutamente necessaria: il tempo della reazione è infatti troppo lungo perché nelle more non si dia una sensibile variazione di temperatura, che a sua volta tocca il volume del residuo gassoso. E quand'anche la temperatura non cambi, cambia la pressione, dato che l'acqua, salendo nel tubo, la modifica. Spallanzani quindi ottiene misure inevitabilmente imprecise e toglie all'apparecchio “il più bel pregio”,⁵⁸ ovvero ciò che gli fornisce esattezza matematica liberando dalla fatica dei calcoli. Col senno di poi, in realtà, le variazioni di pressione (seppur verificate) risultano probabilmente ininfluenti e, quanto agli sbalzi di temperatura, è difficile che i volumi dei gas possano variare per percentuali importanti. Essi incidono infatti su tutti gli elementi delle miscele e perciò non scombinano più di tanto i risultati.⁵⁹ Benché il report sia dunque arrivato (e rimasto) nelle mani di Spallanzani, non risulta che quest'ultimo abbia mai assestato i propri dati secondo i fattori di correzione previsti da Lovizolo (e indicati dallo stesso Lavoisier).⁶⁰

56. Giambattista Lovizolo, *L'eudiometro del sig.r Gioberti colle correzioni di G.B. Lovizolo, ridotto a forma più semplice dal sig.r abate Spallanzani* [1796], a cura di P. Manzini, in Capuano – Manzini (a cura di), *La “mal-aria” di Lazzaro*, cit., pp. 159-164. Per le vicende del manoscritto cfr. *ibid.*, pp. 53-55; 159.

57. Pedrocchi, *Scienziati piemontesi nell'evoluzione della chimica settecentesca*, cit., p. 61.

58. Lovizolo, *L'eudiometro*, cit., p. 162.

59. Cfr. Davoli, *Il metodo scientifico di L. Spallanzani*, cit., pp. 53-55.

60. Lavoisier, *Traité*, cit., pp. 273-281.

V.6. Götting rilancia

Fra il 1797 e l'anno successivo Götting puntualizza la dottrina sulle pagine del "Taschen-Buch",⁶¹ nel secondo volume del *Beytrag* e nei due tomi del suo *Handbuch der theoretischen und praktischen Chemie*.⁶² Come appare già dagli interventi pubblicati sulla rivista, la prima urgenza è rintuzzare la contestazione di inquinamento, da troppi rivolta al suo azoto prodotto per combustione del fosforo in aria comune. Sono necessari metodi nuovi che allontanino definitivamente il sospetto dell'impurezza da ossigeno e infatti nella *Fortsetzung der kleinen Bemerkungen aus der Chemie* Götting propone due protocolli che saranno ripresi anche dal secondo volume del *Beytrag*. Va nella stessa direzione la modifica nell'uso del fegato di zolfo, proposta pochi mesi dopo e sempre nel "Taschen-Buch". È il residuo di ammoniaca che impedisce la luce del fosforo in azoto ottenuto da aria atmosferica trattata con solfuro di potassio. Deve essere corretta la procedura: si usi fegato di zolfo refrattario e, per un verso, il gas sarà perfettamente privo di ossigeno, per l'altro, non avrà perso comunque la capacità di far brillare il reattivo, anche dopo un anno trascorso sulla soluzione.

Gli articoli sono dunque mirati alla difesa di singoli aspetti della metodica, ma ovviamente altra è la costruzione dell'ultimo volume del *Beytrag*. L'autore, sotto attacco da larga parte della comunità chimica internazionale, non vuole tralasciare alcuna contestazione ed è fermamente deciso a rispondere a tutto e a tutti, ribadendo il sistema in ogni sua parte. Nella prima sezione del nuovo volume riassume infatti puntigliosamente i *Versuche* del 1794 e fa seguire una scrupolosa rassegna bibliografica degli interventi, maggiori e minori, che in Germania e altrove hanno ripreso i fondamentali della sua pneumatica. Il professore di Jena analizza e controbatte ostentando informazione di prima mano, con l'eccezione proprio del *Chimico esame*, l'unico contributo che ammette di aver conosciuto solo attraverso la recensione sulle "Göttingische Anzeigen von gelehrten Sachen". Alla discussione delle tesi altrui segue finalmente l'esposizione degli esiti delle nuove serie sperimentali, sulla scorta delle quali il *Beytrag* azzarda ora sviluppi ancora più audaci.

Si inizia tuttavia dismettendo proprio una delle novità di maggior impatto del primo tomo, vale a dire la nomenclatura originale che realizzava un'operazione alternativa, ma fondamentale simile a quella condotta da Lavoisier, sfruttando per di più la compiacenza delle parole composte, tipiche della lingua tedesca, per riprodurre l'architettura complessa attribuita ai gas. In effetti, già nel saggio citato del 1795 Götting era tornato a uniformarsi ai modi consueti in cui la chimica germanica si era ingegnata di tradurre le espressioni francesi.

61. Götting, *Fortsetzung*, cit., in part. pp. 21-26; Götting, *Leuchten des Phosphors im reinen Stickgas*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1798, XIX, pp. 16-17; Götting, *Veränderung des Phosphors im Wasser*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1798, XIX, pp. 30-31.

62. Götting, *Handbuch*, cit.

Ora però l'operazione acquista ben altro rilievo: siamo infatti al secondo volume di un'opera che nel primo proponeva una rivoluzione terminologica e il passo indietro (di fatto non spiegato) diventa gesto di implicito riconoscimento per lo scarso successo dell'operazione. Di certo, il testo perde uno strumento potente, che prosciugava la narrazione e dava visibilità immediata ai soggetti attivi e passivi nei processi di composizione e decomposizione chimica.

L'autore riprende l'intreccio di azioni che il primo volume già aveva stabilito fra azoto, ossigeno, fosforo e luce. Lo *status quaestionis* secondo Göttling è noto: in azoto il fosforo si illumina e assorbe il gas; in ossigeno il reattivo si accende e il gas si decompone, ma a bassa temperatura richiede la miscela con l'azoto per innescare i bagliori; infine la luce corrompe l'ossigeno che diventa "peggiore"⁶³ – e l'espressione usata (*schlechter*) sembra di nuovo attenuare l'idea di una vera mutazione. Ora però queste tesi stanno per rivelarsi solo il punto di partenza di un'operazione che andrà parecchio oltre il restauro delle crepe più insidiose evidenziate nell'edificio teorico dal dibattito europeo.

Torna in azione la nota cucurbita, dove il riscaldamento viene mantenuto per un'ora dopo l'attivazione del fosforo in aria atmosferica. Il gas residuo, raccolto sott'acqua, è inerte, ha alcuni tratti in comune con l'azoto, ma il suo penetrante odore di fosforo è il nuovo indizio che riorienta la ricerca di Göttling. L'inquinamento potrebbe dunque essere la causa dell'inattività 'acquisita' e al tempo stesso ribaltare l'argomento principe degli avversari. Non è la supposta impurezza (da ossigeno) ad attivare l'azoto, ma la lunga contaminazione (da fosforo) a rendere inerte un gas costituzionalmente attivo. Per di più, gli esperimenti dimostrano proporzionalità fra intensità dell'odore e durata della combustione. Il discusso metallo della cucurbita è invece innocente: Göttling ripete infatti in un contenitore di vetro, ma il risultato si conferma.

Si cerca a questo punto la controprova, ovvero il mezzo che riporti l'azoto alla condizione antecedente l'azione del fosforo ed esso è individuato nell'acido nitrico che, con poche gocce, produce una nebbia bianca e innesca – "spesso"⁶⁴ – una vera accensione del minerale. Una volta lavato il gas in acqua distillata, l'odore di fosforo scompare e nell'azoto rigenerato il reattivo si illumina di nuovo. L'immissione delle gocce potrebbe tuttavia aver dato accesso all'aria comune. Quindi, per togliere ogni dubbio, lo scienziato prepara una soluzione acida, ne riempie un cilindro di vetro e vi immette il gas che, dopo un lavaggio completo, torna in effetti alla sua condizione primigenia di gas intrinsecamente attivo. Con tutta evidenza, l'argomentazione è circolare, ma Göttling non è sfiorato dal dubbio che l'azoto possa indurre la reazione non per riacquistata purezza, ma per nuovo inquinamento da ossigeno, magari proprio a causa dei trattamenti con gli acidi (che lo contengono).

Contaminato – rilancia Göttling – è piuttosto l'azoto dei colleghi che hanno contestato il *Beytrag*. Il prolungato riscaldamento del reattivo produce infatti un

63. Göttling, *Beytrag*, cit., vol. II, p. 14.

64. *Ibid.*, p. 25.

gas che non solo differisce dall'azoto per manifestazioni eclatanti, quali odore e sedimento, ma soprattutto non riesce a innescare la reazione luminosa neppure aggiungendo bolle d'aria comune. L'inerzia del residuo dopo la combustione del fosforo non è dunque determinata dalla privazione dell'ossigeno, ma dalla corruzione dell'azoto, evitata anche dagli avversari quando usano tempi di riscaldamento più brevi, che scambiano (pregiudizialmente) per insufficienti.

L'eventuale inquinamento per scomposizione dell'acqua, che entrava anch'esso fra le criticità rimarcate, diventa a questo punto il male minore. Il chimico tedesco ne è comunque consapevole e nella nuova serie sperimentale dichiara in modo esplicito di usare acqua bollita e/o distillata. Sostituendo a quest'ultima il mercurio – come alcuni suggeriscono – il rischio di variabili incontrollate aumenta invece sensibilmente, dato che ancora più difficile è liberare il metallo liquido dai residui di aria atmosferica. Ma non solo. Con il mercurio è impossibile togliere i vapori di acido fosforico che si sviluppano e di cui si sta appunto iniziando a capire la perniciosità. Piuttosto, quando si opera con pura aria vitale, è lo stesso Götting a mettere in guardia dalla formazione di idrogeno, possibile per combinazione dell'acido con l'acqua che resta nel dispositivo. Ma ciò si può evitare aprendo il contenitore subito dopo l'accensione e impedendo il dannoso riscaldamento ulteriore. Occorre quindi bilanciare accuratamente il tempo della manovra e le esigenze dell'ossigeno, nel quale – come si sa – il fosforo richiede temperatura di reazione maggiore che in aria atmosferica.

Götting accantona la cucurbita e predispone un cilindro di vetro aperto in alto e chiuso sul fondo, dove viene collocata e riempita d'acqua una campana a tenuta. Trasferito il dispositivo sulla plancia dell'apparecchio pneumatico, il cilindro viene stappato e nella campana, riempita di ossigeno, è immesso un pezzo di fosforo, infisso su un ago d'ottone e per ogni lato circondato dal gas. A questo punto non si usano le solite fonti di calore dirette e violente e si riscalda con acqua, immessa nel cilindro a 40°R. Il gas si espande e abbassa il livello del liquido, il minerale fonde e cola dalla punta dell'ago, ma viene raccolto da un piatto apposito. Il fosforo inizia a illuminarsi in modo assai vivace e manda fiamme che promettono una rapida deflagrazione, ma il termometro in loco consente di raffreddare al bisogno, con conseguente spegnimento della luce a 32°R. Il volume del gas è diminuito, ma il residuo ancora sostiene la fiamma di uno zolfanello e Götting ne conclude che l'ossigeno a temperatura alta, ma non tale da innescare l'accensione, sviluppa nel fosforo una reazione di luce disgiunta dalla combustione che, preceduta da fenomeni luminosi più intensi, si raggiunge invece solo mantenendo a lungo i 40°R.

A temperatura inferiore (12°-14°R), sul minerale compare un anello biancastro che si opacizza dopo quattro giorni in ossigeno. Götting rimuove il fosforo, facendolo passare sotto l'acqua, che in piccola quantità penetra però nel contenitore. Ripulisce il reattivo e lo ricolloca, ma una permanenza di pari durata non fa che riprodurre l'artefatto. Aperto il vaso sotto l'acqua, il gas fuoriesce e, benché lo zolfanello vi arda ancora più che bene, Götting già qualifica gene-

ricamente il fluido elastico come “peggiolato”.⁶⁵ Invero, il test con l’eudiometro ad aria nitrosa produce ancora una notevole contrazione di volume, ma sviluppa anche i vapori bianchi tipici, secondo lo scienziato, dei gas fosforizzati. La conclusione è radicale: l’ossigeno si combina col fosforo anche senza arrivare alla combustione e il fosforo è ciò che gli toglie la capacità di innescarla.

Il protocollo viene ripetuto con maggiori quantità di aria vitale, quindi in lassi di tempo più lunghi e a bassa temperatura, così che non si verifichi alcun fenomeno luminoso, ma la crosta si formi comunque. Il gas, “marcatamente peggiorato”,⁶⁶ viene trasfuso a un contenitore dove si ricolloca il minerale per otto giorni e si verifica una notevole ascesa dell’acqua. Nelle quattro settimane successive – scrive Götting – il grado di corruzione *non* viene controllato: l’artificio retorico ‘negativo’ è per ora poco comprensibile al lettore, ma lo diventerà a breve.

Nelle more, Götting varia piuttosto la procedura per dominare quello che ritiene ormai il nemico per eccellenza, cioè i vapori fosforici. Applica all’ossigeno (che assicura essere purissimo) uno strumento e una metodica già utilizzati con l’azoto, cioè riempie di fosforo un tubo di vetro curvo e provvisto di imbuto laterale regolato da un rubinetto. Grazie al dispositivo idropneumatico, l’ossigeno entra, circonda adeguatamente il minerale ed è poi passato ad altri piccoli contenitori di vetro pieni d’acqua, con la quale si mischiano i vapori sviluppati nel rimescolamento. La manovra è ripetuta per ben 50 volte prima che il reattivo dia luce visibile al buio e si produca sensibile diminuzione del gas. Scompare i due terzi dell’ossigeno, lo scienziato cessa l’agitazione del flusso gassoso in acqua e sottopone il residuo al test della fiamma, che si spegne, ovvero “si comporta come” in azoto.⁶⁷ La prova non è particolarmente raffinata (se la si paragona alla posta in gioco), ma dal generico *peggioramento* dell’ossigeno, di cui Götting ha detto sinora, si passa finalmente all’ipotesi ben più impegnativa della sua trasformazione in azoto. Il fosforo sta dunque per diventare un agente del mutamento, potente come e quanto la luce.

Il professore di Jena anticipa l’obiezione più ovvia: l’acqua (sia pur bollita) potrebbe aver interferito e falsato gli esiti. Urge escluderla dall’incontro fra gas e vapori fosforici. Il reattivo è quindi ridotto a piccoli frammenti collocati ai lati di un contenitore di vetro, a sua volta riempito d’ossigeno sotto il battente dell’acqua e chiuso con il solito sughero legato da una vescica inumidita. I pezzi, agitati nel gas per circa un quarto d’ora a temperatura oscillante fra i 12° e i 14°R, iniziano a manifestare luce assai intensa, al punto che lo scienziato teme imminente la deflagrazione e quindi raffredda, ponendo tutto in altro vaso con acqua a soli 5°R. I fenomeni diminuiscono e riprendono, alternando le due condizioni per ben un’ora e mezza. Quando tutto cessa irrevocabilmente, il contenitore viene aperto, l’acqua lo riempie per più di due terzi e il residuo gassoso si comporta anch’esso senz’altro come azoto fosforizzato. L’acqua, che doveva essere esclusa dalle

65. *Ibid.*, p. 156.

66. *Ibid.*, p. 159.

67. *Ibid.*, p. 162.

manovre, viene dunque più volte ancora in contatto col gas, ma la cosa non è rimarcata e l'esito dell'esperimento è considerato ottima prova per escluderla dal novero dei fattori inquinanti. Restano perciò sulla scena i soli vapori fosforici: si tratta di capire come e quando essi agiscano. A questo punto, Götting può tornare all'ossigeno già opportunamente lasciato in *stand by*, cioè al citato campione di fosforo che, da quattro settimane, sta nel gas senza subire alcuna manipolazione o movimento, precisazione importante di cui stiamo per capire il motivo.

Parte di quel fosforo si è sciolta senza essere combusta. Il gas ancora regge la fiamma, in aria nitrosa il suo volume ancora si contrae, ma esso produce anche i noti vapori bianchi che sono il primo step del "deterioramento". Ecco dimostrato che il fosforo, se lasciato immoto, non riesce ad agire ulteriormente. Non resta quindi che, con lo stesso ossigeno, ripetere il protocollo precedente, ma i fenomeni (che in gas intatto si producono dopo solo un quarto d'ora) ora non compaiono neppure dopo due ore di agitazione nel dispositivo e solo temperatura più alta riesce a innescare fumo, luce e accensione. È ormai chiaro che la semplice presenza del fosforo in ossigeno non produce la mutazione e che l'acqua non solo non è di nocimento, ma è indispensabile per eliminare i vapori acidi e consentire alle particelle gassose liberate di agire sul minerale. Si deve dunque passare a procedure nuove perché il contatto sia ben altrimenti efficace.

È a questo punto che Götting introduce la novità strumentale maggiore di questa stagione. La cucurbita aveva avuto l'onore della sola illustrazione contenuta nel primo tomo del *Beytrag* e ne era diventata il simbolo (e l'obiettivo polemico): parimenti il nuovo dispositivo è ora l'unico raffigurato e dettagliatamente descritto in testo.

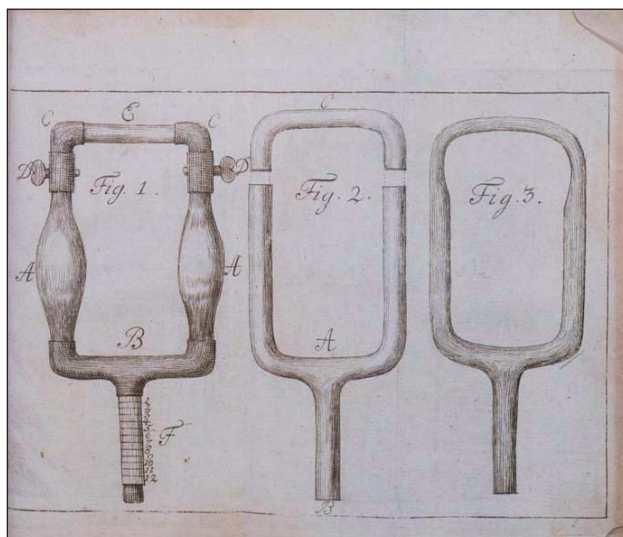


Fig. 24 – Johann Friedrich August Götting, *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, Weimar, 1798, vol. II, tav. a fine testo

L'oggetto, come illustrato nella fig. 1, è progettato per l'incontro tra fosforo e ossigeno. A tal fine vengono saldate le estremità aperte dei due tubi di vetro (A) con quelle di un tubo di metallo (B), dove sono collocati i pezzi del reattivo. Ad esso corrisponde superiormente un tubo di vetro (E), collegato ai tubi (A) con gomiti metallici (C) e rubinetti laterali (D). Al centro di (B) è saldato un ulteriore tubo di vetro (F),

graduato per misurare la diminuzione del volume gassoso e dotato del solito sughero.

Garantita la giusta pressione all'interno, Götting apre le valvole, riempie d'acqua distillata lo strumento e con l'apparecchio idropneumatico immette ossigeno, tappa e sigilla con la vescica. Il gas scaccia l'acqua da (E), ma occupa per lo più i tubi (A), dato che (E) è ingombro dei pezzi di fosforo. Lo scienziato opera a temperatura fra i 13° e i 15°R e scuote affinché il fluido elastico investa il reattivo. L'acqua infatti sale e scende per i tubi, provocando un flusso d'aria continuo che dopo mezz'ora di movimento ininterrotto innesca fumo e luce. A questo punto Götting serra i rubinetti e agita nell'acqua il gas denso di vapori, che rapidamente scompaiono. Continua per un buon quarto d'ora, alternando chiusura e apertura delle valvole, dopo di che stappa sotto l'acqua il tubo, rovescia e costringe il gas nella parte del dispositivo dotata di scala. Ecco visibilissima una riduzione del volume gassoso pari a più di un terzo. Chiude e apre ogni trenta minuti, miscelando costantemente gas e liquido, sino alla cessazione di luce e vapori dopo due ore di lavoro. Il residuo, passato a un piccolo contenitore, spegne lo zolfanello acceso e resta inerte nell'eudiometro ad aria nitrosa. Si tratta quindi di azoto. Il professore di Jena ripete il tutto a temperatura inferiore, la quale impedisce l'accensione del fosforo, ma non i fenomeni luminosi e soprattutto non toglie l'evento *clou*, cioè la mutazione dell'ossigeno in azoto fosforizzato e la riattivazione del gas trattandolo con acido nitrico.

Bisogna di nuovo appurare che non siano piuttosto le parti metalliche dello strumento a contaminare la scena. È quindi progettato e predisposto un apparecchio (illustrato nella fig. 2 dell'unica tavola) in tutto simile al precedente, ma che realizza in vetro anche il tubo innestato (C), contenente il fosforo e legato con la vescica bagnata. Götting colloca il dispositivo nell'acqua di un contenitore e lo tiene a forza sino a vuotarlo perfettamente da ogni bolla gassosa. Nel caldo estivo del 22 luglio di un anno non meglio specificato – secondo l'uso tipico del 'racconto sperimentale' – immette ossigeno prodotto per combustione del fosforo nella vecchia cucurbita e – assicura – del tutto privo di residui azotici. Introduce il gas a più riprese perché, data l'alta temperatura estiva, teme un'esplosione, ma l'aria vitale sale sino al reattivo senza problemi. Tappa e inizia ad agitare l'acqua, affinché il fluido elastico sia forzato a passare e ripassare sul fosforo. Dopo un'ora, si produce vaga nebbia intermittente e, trascorso altrettanto tempo, compare luce sempre più simile a quella innescata in azoto, di cui notoriamente Götting presuppone la reattività. L'apparecchio è a più riprese aperto nell'acqua distillata, che penetra in modo corrispondente alla diminuzione del gas e i fenomeni cessano a sette ore dall'inizio. Il fluido elastico residuo, ridotto a un quarto del volume originario, ha di nuovo tutte le caratteristiche di quello rimanente dopo la combustione del fosforo in aria comune. Insomma: l'ossigeno si porta ormai esattamente come l'azoto fosforizzato e, come quest'ultimo, riprende attività solo se trattato con acido nitrico. Lo stesso esito è più volte ottenuto con una terza variante dello strumento (per

la quale si veda la fig. 3) che salda in un *unicum* di vetro la parte 'a forchetta' con quella che si innesta a gomito.

Per effetto del fosforo l'ossigeno può dunque diventare azoto e ciò, secondo Götting, riconferma che i due gas hanno la stessa base. A questo punto però non si avanza nella comprensione di ciò che avviene davvero nella reazione, se non si ristabiliscono con esattezza le proprietà distintive di *Lichtstoffluft* (e qui l'autore si concede in effetti la ripresa della denominazione originale e ne ribadisce l'appropriatezza). Se si dimostra che il gas residuo dopo la combustione del fosforo è puro azoto, si deve concludere con Lavoisier che *Lichtstoffluft* è in realtà *Stickluft* (cioè gas inerte) e che il principio attivo della reazione è l'ossigeno, decomposto infatti nella reazione stessa. Ma si tratta davvero di puro azoto? L'odore di fosforo e i vapori emessi unendosi ad aria comune o vitale contravvengono – fa notare Götting – alle caratteristiche fondamentali stabilite per l'azoto (inodore ed inerte) proprio dalla chimica nuova.

Il residuo è piuttosto azoto contaminato dalla combinazione col fosforo, che gli toglie efficacia. Quando il minerale è riscaldato a lungo o sino alla deflagrazione, la miscela tra il gas e le sue particelle forma acido fosforoso che non consente più lo sprigionarsi della luce ed è tale (e non fosforico) perché modesta è la quantità di base acida che l'azoto contiene. I bagliori ricominciano quando l'acido fosforoso viene tolto oppure quando, per aggiunta di ossigeno, esso si fa fosforico e l'azoto libera la sua base specifica (*Lichtstoff*), che non è infatti completamente impiegata per dare forma gassosa all'acido. Ciò può accadere anche con l'agitazione in acqua o l'uso di alcali caustico, acido nitrico o cloridrico. La rimozione dell'acido, o meglio la sua saturazione, dovrebbe propriamente comportare la scomparsa (cioè il completo assorbimento) dell'azoto medesimo. Se negli esperimenti ciò non avviene, responsabili secondo Götting ne sono mere contingenze (l'apertura dei contenitori, l'uso di acqua non sempre bollita, ecc.) e in ogni caso l'importante diminuzione che si verifica indica la possibilità della scomparsa, magari nella condizione ottimale di una reazione fosforica luminosa ininterrotta nel tempo.

Dato che il fosforo combinato con l'azoto si trova in condizione assai prossima all'acido fosforico, Götting tenta pure di eliminare del tutto il gas miscelando e agitandolo in acqua. Riallestisce quindi un tubo di vetro di diametro dato, chiuso a una estremità dal solito sughero legato con un filo al pezzo di fosforo. Trasfonde azoto, ottenuto per azione del fegato di zolfo su aria atmosferica, sigilla e il reattivo inizia immancabilmente a dare vapore e luce. Esauriti i fenomeni, sono in effetti sufficienti l'accesso dell'acqua e l'agitazione del sistema perché i bagliori riprendano. La manovra è ripetuta per ben venti volte con reazione sempre più breve nel tempo e ridotta da ultimo a pochi secondi, ma libero accesso a ossigeno (o alla stessa aria atmosferica) riattiva il fosforo e riempie lo spazio aereo di nuvole luminose. I fenomeni si interrompono – spiega il professore di Jena – perché la quantità d'acqua che riesce a entrare è

sempre minore e quindi non è efficace sull'acido fosforoso che si forma. L'operazione deve dunque essere condotta ben più rapidamente e nel momento stesso in cui i vapori si generano.

Il contenitore in uso nella prima versione della procedura è perciò sostituito da un tubo pneumatico piegato a 'esse' e saldato a un rubinetto dotato di piccolo imbuto di vetro. Il dispositivo, già contenente i pezzi di fosforo e ora riempito d'acqua, è capovolto e, trasportato sull'apparecchio pneumatico, sfocia in un bacile pieno d'acqua bollita. Aperto il rubinetto e spinto lentamente l'imbuto in acqua, si immette azoto, ottenuto da aria comune rimasta su fegato di zolfo per ben un anno. Il gas raggiunge e circonda completamente i pezzetti di fosforo, mentre dal tubo escono vapori bianchi e altro azoto è regolarmente sospinto sotto l'imbuto per garantirne la circolazione ininterrotta. L'aria viene agitata in acqua sino alla dissoluzione dei vapori, cioè le manovre – sottolinea Götting – sono iterate per 600 volte. L'enormità del numero è evidente e l'ostentazione della bulimia sperimentale indica quanto brucianti siano state le accuse ripetute di superficialità e inavvertenza di metodo. La procedura richiede inoltre la collaborazione di ben tre persone, che devono alternarsi perché le operazioni siano compiute con la massima accortezza, ma il risultato è limpido: il volume del gas diminuisce e la luce persiste sino a che non è esaurita l'ultima bolla.

Si ripete con azoto generato da prolungata accensione del fosforo e né vapori né luce si manifestano, neppure ripetendo per sessanta volte l'afflusso del gas. Ma è sufficiente l'esposizione ad acido nitroso o cloridrico, e il fluido elastico torna a comportarsi come azoto che non abbia subito il lungo riscaldamento. A questo punto Götting precorre l'obiezione ovvia sul ruolo dell'acqua nella decomposizione/scomparsa del gas. Un esperimento di controllo ripete perciò l'agitazione in acqua, spostando il gas da un contenitore all'altro, ma toglie il fosforo dalla scena. Una diminuzione di volume si verifica, ma è del tutto irrilevante rispetto a ciò che accade in presenza del reattivo. L'acqua si conferma dunque innocente.

Dopo accensione prolungata del fosforo in azoto, il legame tra le due sostanze è così solido che, anche unendo ossigeno nella proporzione tipica dell'aria atmosferica, la luce non si ridesta, ma ciò avviene se si aggiunge azoto in cui il minerale non abbia già reagito. Questa è per Götting doppia conferma che non l'aria vitale, ma l'azoto è *conditio sine qua non* dei fenomeni luminosi e che il problema non sta nel rapporto tra i due fluidi elastici, ma nella dimensione dell'inquinamento da fosforo. Se l'aggiunta d'ossigeno sembra ridestare fenomeni già spenti in azoto, essa in realtà non fa che diminuire la portata percentuale dell'inquinamento. Ed è ancora la presenza di fosforo allo stato gassoso che spiega, avvicinando uno zolfanello acceso, l'esplosione dell'azoto miscelato al 50% con ossigeno. Né si può chiamare in causa la formazione di idrogeno fosforato, con il quale lo scoppio avverrebbe per la sola presenza dell'aria vitale, senza necessità di approssimare la fiamma. Rimosso fosforo che in azoto abbia smesso di brillare e introdotta aria vitale, è solo la diffusione del fluido fosforico che può spiegare l'illuminarsi dell'intero spazio aereo.

Il punto non sta quindi nel supposto potere di “dissoluzione” che la *chimie nouvelle* ha recentemente concesso all'azoto e che renderebbe il fosforo reattivo in ossigeno anche a basse temperature. Quella di Berthollet è piuttosto acidificazione parziale che l'aggiunta di ossigeno completa, consentendo all'azoto liberato di innescare i fenomeni luminosi. Un lavoisieriano potrebbe ribattere che la riduzione del volume gassoso, conseguente alla reazione, è pari proprio alla quantità di ossigeno aggiunto. Ma anche questa è mera contingenza – risponde Götting – che può avere mille altre ragioni: l'ossigeno diminuisce perché, con il suo *Feuerstoff*, dà forma gassosa all'acido e soprattutto, per azione del minerale, si muta in azoto.

Stabilito l'inquinamento da fosforo, di esso ovviamente si dovrà tener conto nel vaglio delle tecnologie preposte alla produzione di azoto davvero puro. Priestley – ricorda Götting – ha sostenuto di aver generato il gas agitando per dieci minuti un amalgama di mercurio e piombo in aria comune: c'è in realtà da supporre che, in un intervallo di tempo così modesto, una percentuale di ossigeno fosse ancora presente. Perseverando tuttavia per un'ora, già si ottiene un fluido elastico negativo all'esame eudiometrico e nel quale il fosforo riluce molto bene. Il risultato è lo stesso moltiplicando le ore di agitazione, che lo zelo del chimico tedesco porta a ben tre giornate piene, ponendo il contenitore alla ruota di un mulino. Il minerale riluce inoltre nel gas raccolto sotto l'acqua bollita dopo la calcinazione di aghi di ferro fusi nella canna da fucile, dove è sospinta per cento volte (!) l'aria atmosferica di una vescica collegata. Altrettanto accade dopo ben un anno di contatto fra aria atmosferica e soluzione di fegato di zolfo. Se nulla si mischia durante la preparazione, il fluido elastico – sostiene Götting – si comporta come azoto, è puro azoto e in esso il fosforo brilla senza eccezione.

Quando si deve decidere della purezza dell'azoto ottenuto per combustione del fosforo o per altro tipo di reazione, numerosi sono inoltre i motivi d'incertezza di cui bisogna tener conto: in primis, l'inattendibilità frequente del test ad aria nitrosa (spesso anch'essa impura), ma soprattutto la variabilità, in funzione di temperatura e pressione, della percentuale di ossigeno presente in aria comune (e di cui ci si vuole liberare). La verità di cui Götting si dice ormai convinto è che non esiste al momento un mezzo che dimostri con certezza assoluta la purezza del gas. Ciò non di meno, la riduzione di un quarto del volume ottenuta con la nota cucurbita è più che accettabile e il professore tedesco non perde occasione per indicare ancora quel dispositivo come lo strumento migliore per rimuovere l'ossigeno. *Et pour cause*. Nel suo spazio chiuso e all'alta temperatura che vi si sviluppa, i consaputi vapori fosforici sono infatti costretti a una sorta di circolazione forzata e quindi vengono al meglio in contatto con ogni possibile particella d'ossigeno.

Resta da verificare se l'azoto reso inerte dalla combinazione col fosforo sia più facilmente rigenerato da acido nitrico o cloridrico. La prima precauzione è di rimuovere i vapori acidi che si formano nell'operazione. Al proposito Götting allestisce cinque contenitori collegati da tubi di vetro saldati a tenuta,

il primo dei quali è fornito di imbuto per l'immissione del gas sotto l'acqua. Nell'ordine, i vasi contengono: fosforo, acqua distillata, acido nitroso, alcali caustico e di nuovo acqua. Grazie a un sifone, il gas ripasserà continuamente dall'ultimo al primo, dotato di scala per verificare il calo di volume dell'azoto, via via rimpiazzato dall'acqua. Nel primo contenitore si introduce aria atmosferica che innesca la luce nel fosforo, diminuisce ed è contestualmente rimpiazzata dall'acqua per mezzo del sifone. I fenomeni si spengono in 24 ore, ma il gas residuo, che torna al minerale dopo di aver attraversato tutti gli altri vasi, provoca nuovi fenomeni con ulteriore contrazione. Cessate le manifestazioni luminose, Götting ripete la manovra, ma non per quante volte avrebbe voluto. Per il consueto uso retorico dell'errore, ammette infatti fessurazioni sopraggiunte al contenitore dell'acido, dalle quali il fluido elastico sfiata. Alla macchinosità della procedura si aggiungono quindi le prevedibili *défaillances* del vetro, che impediscono di portare a compimento il protocollo. Il rimando conclusivo (e assai contrastante con la bulimia che ha sin qui ipertrofizzato l'apparato sperimentale) è a un generico futuro nel quale sarà la fortuna a concedere finalmente uno strumentario adeguato.

Götting chiude tornando alla sua prima e maggiore provocazione anti-lavosieriana, vale a dire la metamorfosi dell'ossigeno in azoto per azione della luce. Il chimico tedesco applica il vecchio metodo che confronta gas conservato in bottiglie con il solito tappo di sughero, capovolte nell'acqua e tenute per quattro settimane rispettivamente al buio della cantina e alla luce del sole estivo. Nel secondo caso, e malgrado condizioni meteorologiche non particolarmente favorevoli, l'ossigeno risulta marcatamente "peggiolato"⁶⁸ rispetto al campione tenuto all'oscuro. Il 'peggioramento' diventa *apertis verbis* mutazione in azoto: la stessa verificata in ossigeno che, dalle vesciche che lo contengono, viene fatto passare per tubi da pipia incandescenti. L'accostamento delle due situazioni, a prima vista non correlabili, è doppia sfida all'obiezione di Scherer, che aveva contestato l'incongruità dell'apparato sperimentale: impossibile chiudere ermeticamente le vesciche, così come impedire all'ossigeno di sfuggire dai tubi ed evitare l'entrata di aria atmosferica. La risposta del professore di Jena è assai piccata: l'aria vitale non scompare per tal via, né il funzionamento normale di una vescica comporta l'immissione contestuale di aria quando altrettanta ne è spinta fuori. Ma è di nuovo la ricostruzione analitica di quanto accade nella reazione che, secondo Götting, non lascia scampo agli avversari. Quando l'ossigeno inizia ad agire sul fosforo, da esso libera *Lichtstoff* che si unisce con *Sauerstoff* in azoto, producendo gli eventi noti, ma, per il prolungarsi della reazione, l'azoto si combina con il fosforo, ovvero si muta in un gas nel quale quest'ultimo non riluce più. E il cerchio si chiude.

Nei primi due tomi del citato *Handbuch* le novità 'fosforiche' esposte nei due volumi del *Beytrag* sono riprese con intenzione di sistematizzazione globa-

68. *Ibid.*, p. 261.

le. L'autore rinuncia invece definitivamente alla riforma terminologica e, se in passato aveva con un certo orgoglio ribadito l'originalità della propria chimica, ora sfuma la diversità. Fra *Lichtstoff* e flogisto le distanze si accorciano, ma i fondamentali restano quelli già stabiliti. Né il manuale – come è ovvio – né il secondo tomo del *Beytrag* godranno invero dell'attenzione critica e provocheranno la quantità d'interventi suscitati dalla prima parte dell'opera monografica. In particolare, a contestare procedure e strumenti di Götting, questa volta non ci sarà Spallanzani.

VI. SINO ALL'ULTIMO RESPIRO

VI.1. La *Lettera a Van Mons*

Il 14 giugno 1797 Senebier si dichiara entusiasta del *Chimico esame*, dal quale “il povero Götting” esce “annientato”,¹ ma contemporaneamente insinua criticità di non poco conto circa il funzionamento dell'eudiometro di Giobert. Il fosforo – nota il corrispondente di Ginevra – è generalmente impuro di carbonio: in combustione forma perciò non solo acido fosforico, ma anche acido carbonico, che si combina con l'ossigeno, ne determina una diminuzione ulteriore ed è in parte assorbito dall'acqua. Senebier si chiede inoltre, e in modo palesemente retorico, perché nelle sue esperienze Spallanzani non abbia usato acqua distillata, evitando il sospetto di ossigeno eventualmente apportato dall'acqua non bollita. Né si capisce come mai l'amico non si sia misurato con la combustione del fosforo nel vuoto, che pure sarebbe stata ottima prova dell'assoluta necessità dell'aria vitale.

Due giorni dopo, Senebier prende di nuovo la penna e, disponendo finalmente del numero delle “Annales”, informa Spallanzani dell'intervento di Fourcroy e Vauquelin. La comunicazione è assai rapida e asciutta, non rimarca come quello sia il primo atto francese di contestazione formale del *Beytrag* e lo definisce genericamente un contributo “sullo stesso argomento” del *Chimico esame*.² Quindi lo riassume, insistendo proprio sui temi recenti della dissoluzione del fosforo e della fosforizzazione dei gas, vale a dire ciò da cui l'opera dell'amico era rimasta prudentemente ben lontana. Pari spazio e pari attenzione sono dati anche al riassunto dell'articolo, apparso nello stesso numero della rivista, nel quale Van Marum discute la luce del fosforo nel vuoto.

Spallanzani risponde solo a fine luglio e l'irritazione per le riflessioni – “care e preziose” – che vengono da Ginevra è evidente nel tono e nel ritardo.³ La re-

1. Senebier a Spallanzani, 14 giugno 1797 (Spallanzani, *Carteggi*, vol. VIII, p. 387).

2. Senebier a Spallanzani, 16 giugno 1797 (*ibid.*, p. 390).

3. Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (*ibid.*, p. 391).

plica è netta (e prevedibile) per ciò che attiene la qualità del fosforo impiegato, fosforo “di Parigi”⁴ – sottolinea il biologo – da non confondere con il minerale impuro e fornito in Italia da Dandolo. Il modo in cui si ribatte invece alle altre osservazioni va decisamente oltre la specificità dei punti toccati. Spallanzani ammette infatti di non aver usato l’acqua bollita che – e la cosa è implicita nel rilievo di Senebier – era stata invece ben presente agli innominati chimici tedeschi. Si tratta tuttavia di un “picciol difetto”,⁵ del quale si sarebbe accorto solo dopo aver pubblicato il *Chimico esame* e di cui – assicura – terrà conto nelle esperienze sulla respirazione, dove Senebier (che ne sa poco o nulla) vedrà addirittura bandita l’acqua a favore del mercurio. L’ammissione, in realtà, quadra poco con ciò che si legge nei diari: l’avvertenza era ben nota al biologo, che l’aveva anzi già praticata agli inizi degli studi sui gas. L’uso era stato però irregolare, probabilmente a causa della fretta nelle manovre e dell’allestimento approssimativo del ‘laboratorio chimico’ o, a dir meglio, dei luoghi della ricerca, che per Spallanzani erano stati spesso assai domestici. Invero, lo scienziato aveva annotato più di una volta la necessità di uniformare a quella cautela la *narrazione*, piuttosto che l’*esecuzione* dei propri protocolli. E in questa disinvoltura aveva forse giocato un certo scetticismo circa le potenzialità effettive di bollitura e distillazione – scetticismo abilmente coperto nel momento della comunicazione efficace, dove tutto deve comunque essere conforme a quello che il pubblico ritiene il ‘buon metodo’.

Quanto alla domanda retorica di Senebier circa gli esperimenti nel vuoto, il biologo risponde con il fastidio che ormai gli provoca un’inchiesta dove troppe cose sono (e soprattutto restano) riottose all’inquadramento di una regola costante. Lo scienziato se ne sta di conseguenza staccando – e la cosa s’intende nella debolezza delle giustificazioni addotte al corrispondente: la fuga fortunosa da Pavia nel caos politico e militare del maggio del 1796 e l’ambiente sfavorevole di Scandiano, dove il “libretto”⁶ sarebbe stato composto senza testi di riferimento e senza strumenti, a riserva dell’eudiometro e di certo senza la pompa a vuoto.

La notizia della memoria di Fourcroy e Vauquelin lusinga ovviamente Spallanzani, compiaciuto che in più luoghi essa concordi con i propri risultati. Tuttavia lo scienziato non mostra fretta particolare di conoscere di prima mano la risposta francese a Göttling: tant’è che, per scorrerla, attenderà senz’altro il ritorno a Pavia, previsto per l’inizio dell’anno accademico successivo. Maggiore è piuttosto l’apprensione per certi pasticci nella distribuzione francese del *Chimico esame*, ma nel prosieguo dello scambio epistolare altri soggetti di biochimica devieranno l’attenzione.

Più o meno nello stesso torno di tempo, e quindi con palese ritardo, anche Giobert segnala nel carteggio le esperienze olandesi di combustione nel vuoto

4. *Ibid.*

5. *Ibid.*, p. 392.

6. *Ibid.*

e in gas che non dovrebbero sostenerla: il partito flogistista rialza la testa – ammonisce il chimico piemontese, che non nasconde grande preoccupazione perché nessuno, al momento, si cura di ripetere e vagliare quegli eventi nelle stesse e medesime circostanze.⁷ È sollecitazione implicita per un intervento decisivo del ‘buon metodo’ di Spallanzani, che però lascia cadere la cosa.

Basta tuttavia che Brugnatelli tenti una manovra malaccortamente antilavoisieriana usando il nome di Spallanzani, perché quest’ultimo torni a citare il *Chimico esame* quale testimonianza “irrefragabile”⁸ della sua adesione alle parole della chimica francese. Il 19 gennaio 1798 le “Annales” pubblicano infatti un “estratto di lettera” che, indirizzata a Van Mons, tocca questioni di terminologia chimica e la differenza fra ossigeno e termossigeno.⁹ Si tratta del saggio, di cui s’è detto, con il quale Brugnatelli prende in modo esplicito le distanze da Göttling, ma – forse per errore materiale, forse per ennesimo sgarbo fra accademici rivali – il pezzo esce a nome di Spallanzani.

Il primo a segnalare la cosa è Senebier che – come di consueto – affida al carteggio una sorta di indice analitico dell’ultimo fascicolo della rivista.¹⁰ È poco credibile che a Ginevra non si abbiano dubbi sull’attribuzione dell’articolo, eppure la comunicazione esclude ogni commento. Tutt’altro è invece il tono della lettera che, tre giorni dopo, parte da Giobert e indica l’autore “sicuramente” in Brugnatelli: lo “sbaglio” merita di essere corretto.¹¹ Non conosciamo la risposta di Spallanzani all’amico piemontese, ma quella indirizzata il 5 aprile a Senebier sfoga la collera per l’“impostura” che il biologo si sente “in obbligo di smentire”.¹² E alla collera si unisce il fastidio per il solito grande ritardo col quale le “Annales” arrivano a Pavia. Spallanzani ha fretta di replicare, non gli basta un riassunto ed è quindi obbligato a chiedere all’amico di riportargli il saggio integralmente. Dieci giorni dopo la copia, “rigorosamente alla lettera”,¹³ parte da Ginevra e, ricevuto il manoscritto, il biologo prende subito carta e penna. La cosa urge, più che per il “dovere dinanzi al pubblico”¹⁴ – come lo scienziato scrive a Ginevra – per le contestazioni che il partito francese inizia a muovere alla bizzarra nomenclatura (ovviamente di Brugnatelli). Il nome di Spallanzani deve dunque esserne ben separato, tanto più che si tratta di critiche condivise appieno dal biologo. La strategia di dissociazione e contrasto è infatti espressa con tutta evidenza in una lettera non datata, ma riferibile a questo turno di tempo e inviata a Guyton de Morveau,¹⁵ che, nel citato numero delle “Anna-

7. Giobert a Spallanzani, 4 marzo 1798 (*ibid.*, vol. V, 86).

8. Spallanzani, *Lettera [...] al cittadino Van-Mons di Bruxelles* [1798], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, p. 239.

9. [Brugnatelli], *Extrait d'une lettre du cit. Spallanzani*, cit.

10. Senebier a Spallanzani, 24 marzo 1798 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 423).

11. Giobert a Spallanzani, 27 marzo 1798 (*ibid.*, vol. V, p. 85).

12. Spallanzani a Senebier, 5 aprile, 1798 (*ibid.*, vol. VIII, p. 423).

13. Senebier a Spallanzani, 15 aprile 1798 (*ibid.*, p. 424).

14. Spallanzani a Senebier, 24 aprile, 1798 (*ibid.*, p. 425).

15. Spallanzani a Guyton de Morveau (*ibid.*, vol. V, p. 198).

les” (e proprio subito prima del pezzo attribuito a Spallanzani) contesta infatti lo scienziato italiano per il favore accordato al neologismo del termossigeno.¹⁶

Nel primo fascicolo utile, una nota redazionale riconosce il ‘refuso’ e la piena adesione di Spallanzani alla nuova chimica, citando brani della risposta indirizzata dal biologo allo stesso Van Mons.¹⁷ La replica tuttavia non comparirà sulla rivista e, anticipata ad Hassenfratz con istanza di sollecita pubblicazione,¹⁸ costituirà un opuscolo separato che – probabilmente per stringere sui tempi – l’autore affida a uno stampatore pavese. Nella *Lettera al cittadino Van Mons* Spallanzani respinge con forza la paternità del saggio, che la terminologia adottata riferisce senza ombra di dubbio a Brugnatelli, autore di denominazioni di ben scarsa fortuna e ostiche per “mostruose innestature greco-latino-italiane”.¹⁹ Si tratta per di più di greco storpiato – nota il biologo, che non perde occasione per farsi beffe del collega. La nomenclatura lavoisieriana è per contro “sensatissima”, infinitamente preferibile all’antica e Spallanzani l’ha “avidamente, e con piena soddisfazione ricevuta”.²⁰ Chi tenta di cambiarla, produce solo confusione – “i vocaboli essendo i simboli delle cose”²¹ – e l’enfasi dello schieramento pro-francese, di cui si fa insistentemente mostra, può parere in ritardo sui tempi solo se non si tiene conto del contesto italiano e soprattutto dell’occasione polemica.

Il discorso generale sulle parole lavoisieriane mira nello specifico a rifiutare il termine fossigeno, vale a dire a colpire Göttling attraverso il collega pavese. E poco importa che in realtà quest’ultimo abbia di recente egli stesso rigettato un tal nome. Quella di Brugnatelli è una “miseria di lettera”,²² ma il pericolo non viene da chi è solo un “voluminoso copiatore”,²³ un divulgatore compulsivo, che pubblica molto e intende poco. Il pericolo viene dalla convergenza fra la posizione di Brugnatelli (e di Volta) e la chimica di Jena. Ed è quest’ultima che Spallanzani rivendica di aver distrutto con il *Chimico esame*, dimostrando sperimentalmente che l’azoto non è mai generatore di luce.

Chiarito ufficialmente l’equivoco, il biologo non sopisce la polemica e rende noti motivi ulteriori di ostilità personale. Con l’amico Vincenzo Malacarne (1744-1816) ammette infatti di aver avuto un’iniziale disposizione a lasciar cadere la faccenda, se solo Brugnatelli non avesse rifiutato di darne conto “nella

16. Louis-Bernard Guyton de Morveau, *Examen de quelques critiques de la nomenclature des chimistes français*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1798, XXV, p. 211.

17. *Note concernant la Lettre sur la nomenclature chimique, insérée dans le tome XXV des Annales*, pag. 216, sous le nom du cit. Spallanzani, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1798, XXVI, pp. 335-336.

18. Spallanzani ad Hassenfratz, marzo-aprile 1798 (Spallanzani, *Carteggio*, cit., vol. V, p. 223).

19. Spallanzani, *Lettera [...] al cittadino Van-Mons*, cit., p. 241.

20. *Ibid.*, p. 239.

21. *Ibid.*, p. 240.

22. *Ibid.*, p. 240.

23. *Ibid.*, p. 241.

sua stampa”.²⁴ Spallanzani si attendeva insomma scuse formali sugli “Annali”, per garantire informazione corretta e pronta anche in ambito italiano. Di fronte alla chiusura del collega, si sarebbe sentito “tirato per i capelli” e avrebbe infine “un tantino acuito la penna”, per le “cento non che una delle ragioni” e dei “replacati torti” di cui Brugnatelli si sarebbe macchiato nei suoi confronti.²⁵

Come si vede, l'episodio non appare significativo di per sé, ma per il molto che indirettamente ripropone in gioco. La *Lettera a Van Mons* sarà però l'ultimo pronunciamento chimico del biologo, che da oltre un anno si è reimmerso a tempo pieno negli enigmi della respirazione animale, ma – come vedremo – non ha affatto accantonato la materia pneumatica.

VI.2. Un apparente paradosso

Spallanzani consegna al tipografo il manoscritto del *Chimico esame* e, il 20 dicembre 1796, riprende la ricerca sulla respirazione come se non ci fossero state soluzioni di continuità: non la interromperà sino al 4 febbraio di tre anni più tardi.²⁶ Con essa riprendono i dubbi sul surplus d'azoto che si produce dove non dovrebbe e tuttavia, proprio mentre la soluzione del problema chimico si allontana drammaticamente, gli sviluppi dell'indagine biologica stemperano, se non addirittura rimuovono, l'urgenza di trovare una spiegazione accettabile per l'azoto “cresciuto” nella respirazione. Cerchiamo di capire meglio l'apparente paradosso.

Il lavoro sui gas ha distrutto la soluzione tedesca e, confermando appieno la teoria lavoisieriana della combustione, non può avere le ricadute auspiccate proprio su ciò da cui tutto ha preso avvio, vale a dire il mistero del gas inerte eppure in qualche modo attivo nel processo respiratorio. Né è più possibile sospendere il giudizio sulla (non)reattività dell'azoto, come in fondo Spallanzani aveva fatto nel 1795. D'altro canto però l'inchiesta fisiologica sta trasformando la respirazione in uno scambio gassoso che va ben oltre i polmoni, oltre la vita e l'integrità dell'organismo per diffondersi alle parti, ai frammenti e ai tessuti. Nelle mani del biologo il corpo diventa infatti una sorta di ‘magazzino’ dove fluidi elastici diversi sono ‘stoccati’, si combinano e scombinano in modo non

24. Spallanzani a Malacarne, 11 giugno 1798 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VI, p. 56).

25. *Ibid.* Nei suoi “Annali” Brugnatelli risponderà con una *Lettera del cit. Brugnatelli [...]* al cit. *Van-Mons di Bruxelles* (“Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti e manifatture ad esse relative del cittadino Brugnatelli”, 1798, XV, pp. 202-208). Segnalato il ‘refuso’, Brugnatelli si produce in un attacco livoroso nei confronti del collega e della sua “lettera infamatoria” (*ibid.*, p. 203). Sulla scena della chimica e delle stesse scienze naturali, Spallanzani sarebbe solo “un cane arrabbiato, il quale latra e morde senza che nulla gli resti in bocca” (*ibid.*, p. 204). L'intervento non apporta nulla al merito scientifico delle questioni in gioco.

26. Gli appunti sono editi in Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., pp. 406-1265 (tt. I-IV).

necessariamente contestuale né proporzionato all'atto respiratorio propriamente detto. Siamo – come si vede – oltre Lavoisier. Vita, morte, destrutturazione e decomposizione non corrispondono mai a una progressione sicura e determinata delle combinazioni chimiche fra i gas. E ciò vale sia nelle arie respirabili (comune e vitale: neppure qui c'è legge che stabilisca le rispettive quantità e velocità di assorbimento), sia nelle mefitiche (che ora restano inalterate, ora sono prodotte, ora assorbite). Una funzione matematica che legghi tutti i dati non si trova.

Nel laboratorio di Spallanzani – fra animali vivi, morti, integri, a pezzi, freschi e marci, confinati per periodi diversi in idrogeno, aria comune, azoto e ossigeno – i numeri esplodono e, a partire dalla primavera del 1798, la sperimentazione perderà pure l'andamento seriale. L'autore continuerà a prendere e riprendere la materia, ma non sarà in grado di chiudere nessuno dei numerosi fronti che restano aperti. Si capisce a questo punto come l'ossessione per l'azoto segua anch'essa la parabola dell'inchiesta incompiuta. Andiamo però con ordine.

Il 1° gennaio 1797 Spallanzani scrive nel diario:

Ecco qui adunque verificato di nuovo quanto avvertj altra volta, ed è che quando gli animali sono vicini a morire, o sono morti, il mercurio cala, segno chiaro di qualche gaz che negli animali moribondi, o morti si sviluppa.²⁷

Il biologo si muove nel segno della continuità o arretra finanche rispetto alle ultime battute della stagione precedente. Dunque “il mercurio cala”: non è neppure avvertita l'esigenza di precisare che si tratta del livello del liquido sul quale sono state confinate in aria comune rane (depolmonate) e salamandre (sia intatte sia mutilate). Inoltre il fenomeno si verifica “di nuovo” ed è stato notato “altra volta”: sembra dunque che l'inchiesta non abbia avuto la nota interruzione. Per contro, l'arretramento rispetto alla certezza ‘azotica’ della primavera del 1795 è evidente. Spallanzani accosta infatti, con effetto involontariamente ossimorico, la chiarezza del “segno” (il mercurio calante) e l'indeterminatezza del fluido elastico (“qualche gaz”) che si sviluppa nell'agonia “o” in morte delle bestiole. In realtà il fatto che gli specimina siano vivi o morti sta diventando secondario, dato che i loro corpi assorbono e producono in entrambe le condizioni, cioè la respirazione è evento da esse indipendente. L'analisi eudiometrica, subito condotta sull'aria residua delle quattro salamandre (morte) e delle due rane (una morta), fornisce però solo i valori dell'aria fissa prodotta e della vitale consumata.

Il riassetto è veloce e il 5 gennaio il programma è ben esplicitato. Bisogna verificare se gli animali confinati generino azoto (il gas è ora individuato in modo chiaro) e calcolarne eventualmente la quantità. Un pipistrello viene quindi chiuso in ossigeno per evitare che l'azoto atmosferico si confonda con quello eventualmente emesso dall'animale. Post mortem, il residuo è analizzato e l'eudiometro a fosforo indica una produzione di ben 20 gradi di azoto.

27. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. II, p. 413.

Spallanzani, che ha brillantemente tenuto testa a Götting e l'ha appena confutato col rigore del metodo, non fa parola dell'azione potenzialmente inquinante dell'acqua (sopra la quale ha confinato la bestiola), non ha dubbi sull'integrità dell'ossigeno (da calce mercuriale, e questo gli è sufficiente per definirlo purissimo), né fa cenno ai noti limiti del fosforo. Nel frattempo allarga lo sguardo ad altre tipologie animali, capaci di produrre quantità d'azoto notevoli in aria sia comune sia vitale, sopra l'acqua come sul mercurio. Ostenta sicurezza circa la proporzionalità fra surplus e tempo di confinamento e dubita invece della precisione dell'esame eudiometrico. Di fronte ai 16 gradi d'azoto generati da tre lumache chiuse in ossigeno sopra il mercurio, sospende il giudizio e attende l'esito del test della fiamma, di certo assai più rozzo.

Incide non poco ciò che contestualmente avviene nello sviluppo dell'indagine biochimica. Si consolida infatti la certezza che lo scambio gassoso, già tipico della combustione respiratoria, si estenda oltre l'integrità del corpo e il confine della vita, che quindi si toglie dal novero delle variabili di cui tener conto. Che la produzione di azoto avvenga in animali vivi oppure in animali morti è cosa che *prima* acuiva o smorzava la criticità dell'evento. *Ora*, se ogni frammento del corpo è in realtà un deposito di fluidi elastici, la produzione d'azoto esce dalla serie dei fenomeni 'impossibili' per entrare in quello degli eventi da inquadrare e normalizzare. È precisamente ciò che, da qui in poi, Spallanzani cercherà di fare con tenacia e ostinazione sino – e non è metafora – la fine suoi giorni.

La nota del 12 gennaio aggiorna la situazione agli standard di avvertenza sperimentale acquisiti nell'inchiesta sui gas. Bisogna accertarsi della qualità dell'aria vitale e infatti quella sin lì usata non va esente – ammette Spallanzani – da una contaminazione d'azoto e di essa è necessario tener conto per calcolare con esattezza il surplus eventualmente prodotto (e che infatti un po' si riduce). Ma non solo. Per definire la natura azotica del gas espirato dagli animali sono stati sinora applicati i test della combustione del fosforo e dell'intorbidamento dell'acqua di calce. Non basta: “resta però da provarlo maggiormente”.²⁸ Potrebbe trattarsi di idrogeno e il sospetto orienta di nuovo alla vecchia prova della fiamma, ma il gas non si accende e anzi spegne sul momento la candela: “dunque non può essere che gaz azotico [...] dunque ha i caratteri del gaz azotico”²⁹ – scrive Spallanzani. Nell'enfasi della ripetizione passa il senso dell'anomalia afferrata, ma non domata.

VI.3. “Contrarietà”

In un lungo programma di “Esperimenti da realizzarsi intorno agli animali letargici”,³⁰ probabilmente steso in modo discontinuo fra il 21 dicembre 1796

28. *Ibid.*, p. 422.

29. *Ibid.*

30. *Ibid.*, pp. 482-489.

e il 25 marzo dell'anno successivo, la questione azotica è all'ordine del giorno (malgrado quell'intitolazione). Spallanzani progetta una evidente fuga in avanti: bisogna confinare in puro azoto e l'esperimento è "importantissimo da farsi"³¹ per verificare se e quale gas venga *assorbito*. Il 16 gennaio lo scienziato procede e chiude tre rane morte in azoto generato per combustione del fosforo. Il livello dell'acqua rimane inalterato e lo stesso esito si ha il giorno successivo in aria infiammabile. Non si capisce perché le cose vadano all'opposto in aria comune e vitale. Lo smarrimento è evidente, al punto che, dalla supposizione ragionevole (è il carattere mefitico dei gas che blocca l'emissione d'azoto), si passa alla congettura incredibile, cioè a immaginare che sia l'ossigeno stesso che si converte in azoto. "Qui nascono difficoltà"³² – ammette Spallanzani – che però non chiude del tutto all'ipotesi insostenibile, rischiando di travolgere in un istante il lavoro sui gas svolto un anno prima e la brillante confutazione di Götting appena pubblicata. È necessario vedere chiaramente come vanno le cose e, al solito, il miglior partito è quello di agire sui margini di imprecisione della procedura sperimentale, ovvero saltare un passaggio: ogni passaggio è infatti potenzialmente inquinante e il biologo lo sa bene.

"Finalmente ho trovato un metodo sicuro per sapere se gli animali nel chiuso mandano fuori gaz azotico, ed ecco come" – annuncia trionfante Spallanzani il 26 gennaio.³³ Per escludere che l'aria espirata sia contaminata da azoto atmosferico, si deve evitare di trasfondere il gas dal contenitore all'eudiometro, vale a dire bisogna confinare gli animali negli eudiometri stessi, usando quelli che lo scienziato ha definito i "massimi". Ciò richiederà opportune modifiche degli apparecchi e infatti nel diario si legge di bestiole collocate "nel corto braccio orizzontale di tubi brevi fatti fare apposta"³⁴ e diversi vetri da eudiometro devono essere rieseguiti alla fornace per adattarli a specie particolari. Ma ovviamente questo non ferma lo scienziato. La nuova manovra, accuratamente descritta nei citati "Esperimenti da realizzarsi", irrompe presto nella routine. Si riempie d'acqua l'eudiometro, vi si fa entrare lo specimen (la cui presenza fa scendere il liquido) ed è il nuovo livello che dà la misura di 100 gradi per l'aria che viene immessa. La respirazione lascia un residuo gassoso che è trasfuso in un tubo con acqua di calce per eliminare il gas acido carbonico prodotto. Contestualmente si toglie l'animale e si reimmette il gas nell'eudiometro, dove la combustione del fosforo compirà l'assorbimento dell'aria vitale. A questo punto, se la bestiola non ha generato azoto, l'acqua salirà nell'apparecchio sino al grado 20 e un'ascesa inferiore dimostrerà invece produzione d'azoto pari alla differenza.

Spallanzani procede, usa i lombrichi e una quantità di essi viene fatta passare nell'eudiometro attraverso il mercurio che, in luogo dell'acqua, sta nella vaschetta. I vermi salgono rapidamente a galla e tutto avviene come illustrato

31. *Ibid.*, p. 484.

32. *Ibid.*, p. 424.

33. *Ibid.*, p. 426.

34. *Ibid.*, p. 738.

nel programma. Dopo un confinamento di trentasei ore, lo scienziato rimuove gli animali, che sembrano morti e che invece sono ancora vivi – e ciò conferma quell'incertezza di cui s'è detto in passato e che ora preoccupa sempre di meno. Al metallo liquido viene sostituita l'acqua, che sale sino a 15 gradi e dà l'assorbimento d'aria vitale realizzato dagli specimina. O meglio: poiché l'acqua è più leggera del mercurio a quel 15% sarà necessario togliere uno o due punti percentuali. Altri 5 gradi vengono distrutti dalla combustione del fosforo, che porta l'ascesa esattamente a 20 parti. Si procede lavando il gas residuo in acqua di calce, cioè si asporta un 5% di aria fissa prodotta e il liquido raggiunge il numero 25. Delle 100 parti d'aria comune, 15 sono state assorbite dagli animali, 5 dal fosforo e 5 dall'acqua di calce. A questo punto lo scienziato *non* considera le correzioni percentuali che sarebbero richieste dal diverso peso specifico dell'acqua (pur ricordato) e soprattutto dall'imprecisione del fosforo e il risultato è ad effetto. Fatti due conti, ai canonici 80 gradi ne mancano 5. Dunque i lombrichi, ben lungi dal produrre azoto, ne hanno assorbito 5 parti centesime. La cosa – giudica Spallanzani – deve rientrare nel novero delle bizzarrie accidentali perché il metodo è “sicuro”.³⁵ Non resta che applicarlo anche agli altri animali – conclude con soddisfazione la nota del 26 gennaio.

E invece, nei giorni successivi, il sovrappiù ricompare con un topo morto da ore e non si verifica nel gas residuo di un sorcio confinato vivo. Spallanzani si aggrappa alla discriminante morte/vita, di cui gli sviluppi dell'inchiesta fisiologica hanno per altro ormai mostrato la fragilità. Bisogna cercare nuove variabili davvero decisive. Nel caso dei sorci l'uso dell'acqua, piuttosto che del mercurio, sembra fare la differenza e lo scienziato ne (ri)conclude di essersi ingannato circa la problematica generazione d'azoto. Ma ecco che topi chiusi sul metallo liquido ora producono ora non danno neppure una bolla d'aria. Certo: nel tubo lo spazio è angusto, ma è angusto in entrambi i casi con esiti opposti. Spallanzani tenta e ritenta con più specimina, ma non trova modo di “conciliare” le “contrarietà” verificate nelle medesime circostanze.³⁶ Spera nella contingenza e nell'accidente: magari una piccola incrinatura del tubo, attraverso la quale l'aria esterna possa aver avuto adito, ma, alla prova, il vetro si rivela intatto.

Si affaccia il dubbio che il surplus risulti banalmente da gas trattenuto nei corpi o nel pelo. Il 1° febbraio, per la verità, il volume generato è pari a ben tre volte quello del sorcio, vale a dire una quantità enorme che rende l'ipotesi altamente improbabile, ma comunque da testare. I topi vengono quindi spremuti accuratamente sotto il mercurio prima di entrare nei tubi e la composizione del loro espirato si rivela quasi identica a quella dell'aria comune. Dunque l'azoto non è prodotto dalle bestiole, viene dall'esterno ed è semplicemente rimasto nel corpo. Escamotage ragionevolmente praticabile sembra perciò quello di mettere nel conto qualche grado in più d'aria (oltre ai 100 dell'eudiometro), grado in più che la spremitura non riesce a rimuovere. Infatti, malgrado le manovre,

35. *Ibid.*, p. 426.

36. *Ibid.*, p. 429.

poche bolle residue salgono sempre in cima ai contenitori degli animali: variazioni accettabili, fenomeni men che modesti e incapaci di fare la differenza. Esperimenti 'compiacenti' su rane, vipere e bruchi (morti prima o dopo essere stati rinchiusi) confermano l'inerzia dell'azoto e altrettanto si verifica con l'aria espirata da Spallanzani medesimo (ovviamente vivo). Il 4 febbraio 1797 il biologo ha appena il tempo di notare che tutte queste esperienze sono "sicurissime" perché eseguite con gli eudiometri "graduati",³⁷ ed ecco un aumento d'azoto che si verifica proprio nel caso della sua espirazione forzata e lo stesso succede con rane e lombrichi vivi. Non è chiarissimo che cosa l'autore intenda per dispositivo *graduato* e quindi d'utilizzo particolarmente affidabile: lo strumento di Giobert è tale infatti per definizione. È tuttavia possibile che in questo torno di tempo il biologo ne abbia già realizzato la semplificazione di cui s'è detto e che la particolarità rimarcata consista nell'eliminazione del supporto e nell'incisione dei gradi direttamente sul vetro.

Il 9 febbraio Spallanzani inizia invece a riflettere sull'algoritmo con il quale calcola in quattro centesimi il surplus di azoto dell'aria da lui stesso espirata e qualcosa non gli torna ("non ne sono troppo soddisfatto").³⁸ Dopo le necessarie combustioni, l'acqua dell'eudiometro era infatti salita a 12 gradi e mezzo; lavato il gas in acqua di calce e restituito al dispositivo, il livello era asceso a 16, indicando quindi una presenza di azoto pari a circa l'84% e perciò una crescita del 4%. Ora l'"illazione" gli sembra tuttavia "fallace".³⁹ In effetti il computo è costruito sulla proporzione fra ossigeno e azoto come si trova in aria atmosferica (di 20 a 80), ma come *non si trova più* nell'espirato col quale si riempie l'eudiometro. Dopo che il fosforo ha fatto il suo lavoro, il livello del liquido non potrà comunque salire di 20 gradi, dato che il gas residuo non li conteneva. Nell'apparecchio viene insomma introdotto un fluido elastico dove la proporzione fra ossigeno e azoto si è inevitabilmente modificata. Il primo è in realtà diminuito e ciò ingenera – "ma falsamente"⁴⁰ – l'impressione che sia cresciuto il secondo. L'equivoco nasce dal non aver collocato gli specimina nei già citati "vasi graduati" e aver quindi dovuto trasferirvi *poi* il gas rimasto:

In tutti questi casi sappiamo la quantità precisa dell'aria vitale distrutta dagli animali, come la quantità d'aria fissa prodotta, ma non possiamo sapere se siasi accresciuta l'aria azotica, quando l'acqua non discendesse sotto lo zero.⁴¹

Nei giorni successivi, alla spinosa questione dell'azoto Spallanzani applica finalmente in modo intensivo il "metodo nuovo" che introduce gli animali direttamente nell'eudiometro e ridimensiona la produzione d'azoto. In esperimenti

37. *Ibid.*, p. 431.

38. *Ibid.*, p. 435.

39. *Ibid.*, p. 436.

40. *Ibid.*

41. *Ibid.*

di controllo eseguiti con il “metodo vecchio” essa risulta in effetti maggiore e perciò “affatto erronea”.⁴²

Di concerto va la scelta, da qui in poi sempre più frequente, di lavorare con ossigeno, il quale – come già aveva indicato il programma di “Esperimenti da realizzarsi” – toglie dai calcoli l’impaccio dell’azoto atmosferico. Ai soliti anfibi, si aggiungono pesci, rettili e insetti (nell’accezione settecentesca e quindi latissima del termine) – tutti vivi o appena morti – e, come si moltiplicano le specie, così nel laboratorio aumenta il numero degli eudiometri funzionanti per confinare gli specimina.⁴³ Invero, il nuovo metodo per lo più non azzerava il surplus azotico. Certi lombrichi confinati in aria vitale ne producono anzi una quantità che si rivela considerevole e lo stesso di nuovo si verifica con l’aria emessa da Spallanzani. Essa è sicuramente meno ossigenata dell’aria comune, assunta come campione di confronto nel test ad aria nitrosa, che in realtà non può dare indicazione precisa circa la presenza d’azoto. Ciò basta tuttavia perché il biologo ne concluda che la differenza deve derivare dall’azoto accresciuto durante la respirazione. Per l’intero mese di febbraio sono proprio i pochi casi in cui il surplus *non* si verifica che sembrano rientrare nei limiti della variazione accettabile.

Tinche morenti e tenute in asciutto sorprendono per la quantità di gas che riescono a produrre, ma sorprendono ancora di più quando, sottoposto al test della fiamma, il supposto azoto si accende con detonazione e si rivela idrogeno. Potrebbe trattarsi di emissioni intestinali – come Spallanzani legge nell’estratto che l’*Encyclopédie méthodique* gli fornisce per la citata memoria di Jurine.⁴⁴ Conviene tuttavia ripetere e variare, poiché del caso non c’è traccia in letteratura. Nei giorni successivi gli eudiometri non rivelano però che il solito surplus d’azoto: forse il caso anomalo – rimugina il biologo – potrebbe risolversi in un banale scambio di tubi.

Sin dalla ripresa dell’inchiesta sulla respirazione lo scienziato aveva inoltre stabilito la sostituibilità del singolo specimen (che muore sempre troppo presto) con altri della medesima tipologia, chiusi in sequenza per consentire l’analisi chimica della stessa aria con tempi di confinamento che vadano oltre la sopravvivenza individuale e quindi portino al limite la produzione e il consumo dei gas. Sull’onda di tre sostituzioni realizzate con tre anguille, il 1° marzo Spallanzani applica il protocollo alla questione dell’azoto, sebbene in forma ‘virtuale’. Torna infatti a piccole tinche morte in aria vitale, passa il loro residuo gassoso all’eudiometro (quindi lavora col “metodo vecchio”, ma qui la cosa è seconda-

42. *Ibid.*, p. 442.

43. Il 16 marzo Spallanzani distingue, per esempio, un eudiometro a fosforo con “quattro decimali di cera-lacca” (*ibid.*, p. 468), mentre il 30 dello stesso mese scrive di un apparecchio che ha sul fondo “cinque circoletti decimali di cera-lacca” (*ibid.*, p. 497): è evidente l’intenzione di differenziare e individuare più strumenti operativi in contemporanea.

44. Cfr. l’appunto del 13 febbraio 1797 (*ibid.*, p. 441) e lo “squarcio” contenuto nella nota del 9 maggio (*ibid.*, pp. 560-561) che ricopia e poi riprende punti (in parziale traduzione italiana) dell’articolo “Air” dell’*Encyclopédie*.

ria), s'attende di trovare aria infiammabile – come era appunto capitato – e invece si tratta di azoto che estingue il cerino. La conclusione è certa: *se fosse stata ripetuta* l'introduzione di nuovi pesci nel gas lasciato dai precedenti, sarebbe andata distrutta ogni rimanenza d'ossigeno e soprattutto si sarebbe assai accresciuta la porzione d'azoto, un'altissima percentuale del quale effettivamente si trova nelle vesciche natatorie delle ultime tinche sperimentate al termine della lunga giornata di lavoro.

La produzione di aria infiammabile si ripete con bruchi morti in aria vitale e il biologo torna con la memoria ad apparenze già trascurate o travisate in passato. La possibilità dell'idrogeno è stabilita, ma non intacca la produzione d'azoto. Quest'ultimo inizia per di più a essere generato anche in condizioni che alla ripresa dell'inchiesta l'avevano escluso, vale a dire da lumache vive tuffate in acqua, da altre confinate in azoto e da altre ancora morte in idrogeno. L'evenienza ora non sorprende e presumibilmente quadra con l'idea, che sempre più si afferma, del corpo come luogo di scambi gassosi e deposito di fluidi elastici. Inoltre lumache morte in aria infiammabile emettono molto azoto e ne producono ancora di più quando inizia il disfacimento dei loro corpi. La faccenda “per sé è chiarissima” – scrive Spallanzani l'11 marzo 1797:⁴⁵ il gas in questione è uno dei costituenti della materia organica, che infatti lo libera decomponendosi. E altrettanto avviene quando confinato non è il corpo integro, ma il corpo esenterato, scorticato, un suo pezzo, se non addirittura ciò che, con termine anacronistico, potremmo definire senz'altro un tessuto. Invero, lo scopo primario in tali casi estremi è indagare l'assorbimento d'ossigeno e la produzione di gas acido carbonico, ma ciò ovviamente fornisce anche – e in automatico – i valori azotici.

L'inchiesta sulla respirazione ha del resto da tempo spostato il proprio focus dai polmoni all'organo cutaneo e quindi, per inevitabile scivolamento, ai vari surrogati che racchiudono il corpo (gusci) o lo rivestono (peli, capelli, bozzoli finanche). Spallanzani testa infatti l'eventuale produzione di azoto persino da parte di valve e conchiglie. Complesse sono le manovre che devono distinguere il gas prodotto dal contenitore rispetto a quello emesso dal contenuto: tanto più che nelle chiocciole bisogna separare gli effetti della parte calcarea e da quelli della parte membranosa (spesso residuale) dei gusci stessi. All'inizio pare che questi ultimi, persino tritati, generino azoto; poi alcuni campioni risultano perfettamente inerti e infine i dati tornano contraddittori.

VI.4. “Eudiometri misuratori”, “misurini”, “tubi eudiometrici”

Malgrado i buoni propositi, Spallanzani ha sin qui spesso mancato di applicare alla lettera il “metodo nuovo” e in parecchie occasioni non ha chiuso gli animali direttamente negli eudiometri. Ha usato piuttosto tubi dove il livello

45. *Ibid.*, p. 462.

del liquido in ascesa e discesa è visibilissimo, ma dai quali il gas residuo deve comunque essere prelevato e trasferito al dispositivo per l'analisi. Anche in questo caso però i citati "Esperimenti da realizzarsi" danno lumi interessanti sulla procedura. Si prevede il confinamento di una vipera in uno dei "tubi lunghi da serpenti",⁴⁶ che viene riempito d'acqua e capovolto sulla plancia dell'apparecchio pneumatico, grazie al quale si trasfondono i 100 gradi d'aria dell'"eudiometro grande".⁴⁷ L'animale resta nel tubo sino alla morte, dopo di che il residuo gassoso è restituito all'apparecchio e si nota la discesa del liquido rispetto alle 100 parti centesime. Il passaggio in acqua di calce può quindi essere eseguito nell'eudiometro stesso riempito del reattivo: il nuovo calo di livello, riferito al precedente, darà la quantità di ossigeno assorbita. Non è ben chiaro come l'apparecchio possa, subito dopo, essere già operativo perché l'accensione del fosforo compia la distruzione dell'aria vitale. Ma, comunque vada la faccenda, a questo punto l'aria residua sarà puro azoto che, se maggiore dell'80%, risulterà dunque senz'altro cresciuto.

Dal diario apprendiamo inoltre di un certo "misurino"⁴⁸ che consente invece di trasformare tubi generici in tubi "eudiometrici", trasferendovi la stessa quantità d'aria stabilita dall'eudiometro (definito infatti "misuratore")⁴⁹ e dividendoli nelle canoniche 100 parti eguali, che sono incise sul vetro, secondo una modalità che ricorda quindi la semplificazione spallanzaniana dello strumento. Nel moltiplicarsi delle manovre, succede però che i tubi cadono, vanno in pezzi e la cosa avviene piuttosto di frequente soprattutto nelle esperienze con le lumache, collocate in cima ai tubi eudiometrici (di cui, col loro corpo, occupano quindi uno spazio, da metter nel conto rispetto ai 100 gradi). L'evenienza stimola insomma la creatività 'strumentale' di Spallanzani, che in tal modo allestisce personalmente e varia al bisogno più e più succedanei del prototipo di Giobert, al quale però il gas residuo deve pur sempre tornare quando si vuole procedere con l'accensione del fosforo per misurare la quantità d'azoto. Salita e discesa del livello dell'acqua nei tubi possono infatti bilanciarsi e sbilanciarsi nella combinazione di ossigeno assorbito e azoto prodotto – per non dire di altro gas eventualmente emesso dai corpi.

In agguato è spesso l'ambiguità semantica delle espressioni che nel diario l'autore usa ora come sinonime ora per indicare dispositivi diversi, con intenzione senz'altro chiarissima per lui, molto meno per noi, che cerchiamo di violare il privato del suo laboratorio. In genere (ma non sempre) l'"eudiometro misuratore" è infatti la versione semplificata dell'apparecchio di Giobert, dove è trasfuso il gas del "tubo eudiometrico", che contiene lo specimen e che è anch'esso graduato, ma per lo più in pollici, cioè offre misure assolute e non percentuali – come è invece uno dei grandi pregi dell'apparecchio del colle-

46. *Ibid.*, p. 485.

47. *Ibid.*

48. *Ibid.*, p. 466.

49. *Ibid.*, p. 469 e *passim*.

ga piemontese. Esiste tuttavia anche una certa “bocchetta misuratrice”, di cui Spallanzani si serve per trasportare i 100 gradi d'aria comune da un “marcato eudiometro” al “tubetto” dove, sopra il mercurio, stanno lumache che non producono azoto.⁵⁰ In altro caso però è proprio nel passaggio da tale “bocchetta” al “tubetto” che sfugge una bolla d'aria atmosferica, falsando irrimediabilmente i risultati dell'analisi eudiometrica.

L'uso contemporaneo di mercurio e “bocchetta misuratrice” non è neppure esso esente da criticità. Se ci si avvale di quest'ultima – nota Spallanzani – gli animali dovranno passare attraverso il metallo e ciò esclude specimina particolarmente fragili come le crisalidi, nominate nei citati “Esperimenti da realizzarsi” e usate per la prima volta solo il 7 maggio 1797. L'alternativa è collocare le ninfe su una spugna e con un sifone far ascendere il mercurio sino a una data altezza nel solito tubetto: ciò che preserva la delicatezza dei campioni, ma impedisce poi misure precise proprio circa la produzione (o il consumo) di azoto. *Mutatis mutandis*, la criticità si riproduce quando si tratta di raccogliere sott'acqua l'aria contenuta negli organi respiratori di certe bisce già obbligate a restare sommerse. Le serpi ne espellono un volume di cui è data la quantità assoluta e con il quale Spallanzani riempie lo strumento a fosforo senza però passare per l'“eudiometro misuratore”. E questo significa incertezza quando, ultimata la reazione, il livello dell'acqua non arriva ai noti 20 gradi fra produzione d'azoto e scomparsa di aria fissa assorbita dal liquido. Solo la rapidità della manovra può suggerire l'improbabilità del secondo evento, soprattutto quando rilevante è la differenza rispetto al 20%.

Non di rado, inoltre, “bocchetta misuratrice” è definita quella dove stanno gli specimina ed “eudiometro misuratore” è pure il tubo graduato in pollici nel quale sono collocati pezzi di rettili confinati in azoto, il cui residuo riempie un “picciolo eudiometro” per essere analizzato. La confusione aumenta poi nell'intreccio con l'inchiesta propriamente fisiologica, e in particolare con il caso di certe lumache alle quali vengono inseriti nell'opercolo e saldati con ceralacca “tubi eudiometrici”. Inizialmente essi sembrano dimostrare che le bestiole hanno la rara capacità di esaurire tutto l'ossigeno del confinamento e di sospendere ogni scambio gassoso durante il letargo. In realtà, la convinzione di aver creato “perfetti eudiometri”,⁵¹ che superano la nota imprecisione dello strumento a fosforo, viene prima scossa dalla fragilità dei “tubetti”, che si staccano, e dalle lumache, che cadono, e poi distrutta dalla verifica di residui e variazioni nei volumi dei gas.

Al termine di una lunghissima giornata di lavoro (25 marzo 1797), Spallanzani riflette. Quando ci si avvale dell'acqua, neppure il metodo nuovo rende davvero sicuri circa la produzione d'azoto. Del mercurio, in effetti, lo scienziato aveva fatto ripetutamente applicazione nei mesi trascorsi e all'acqua era

50. *Ibid.*, p. 499.

51. *Ibid.*, p. 529. L'espressione è coniata post festum e compare nell'appunto del 22 aprile 1797.

tornato in quanto inevitabile per molte delle specie sperimentate. Se infatti si trasfonde all'eudiometro l'aria che gli animali hanno privato dell'ossigeno, il liquido non salirà dopo l'accensione del fosforo (che non ha più nulla da assorbire), ma s'innalzerà per il trattamento con acqua di calce, che asporta il gas acido carbonico e per differenza lo misura. A questo punto i gradi eventualmente mancanti per raggiungere il canonico 20% vengono attribuiti a un'eccedenza d'azoto, ma – ragiona ora Spallanzani – anche l'acqua assorbe aria fissa, e di tale percentuale non si ha misura esatta. Insomma: il surplus attribuito all'azoto potrebbe in realtà riferirsi al gas acido carbonico idrosolubile. “Il discorso è evidente. Convien dunque ch'io mi valga del mercurio” – conclude Spallanzani, che per altro, sin dai consaputi “Esperimenti da realizzarsi”, ne aveva già definito l'uso come componente “necessariissima” del metodo nuovo.⁵² Attraverso il metallo liquido, nel tubo si introdurranno quindi l'animale e i 100 gradi d'aria provenienti dall'eudiometro misuratore, al quale il residuo gassoso sarà restituito per l'accensione del fosforo e il lavaggio in acqua di calce.

Tra la fine di marzo e l'inizio d'aprile, l'uso del mercurio con bisce e lumache confinate in aria comune accende di nuovo l'entusiasmo per il protocollo “rilevantissimo”, “esattissimo” e “sicurissimo”⁵³ – e sappiamo quanto carico di intenzione e aspettative sia generalmente in Spallanzani l'uso del superlativo. L'azoto entra ed esce dagli animali vivi senza subire variazione e per pochi giorni sembra proprio che la nuova esattezza di calcolo e procedura ristabilisca l'inerzia del gas e ne riferisca la produzione al solo sfacelo del post mortem.

Il 3 aprile la situazione però s'ingarbuglia di nuovo. Dalle lumache, sia vive sia morte, l'autore scrive di considerare probabile lo sviluppo d'azoto, ma il surplus non si produce. “Lumachine feti” si trovano in gran numero chiuse in aria comune sopra l'acqua e quindi non si può decidere se i quattro gradi superstiti per arrivare ai venti siano d'azoto prodotto o di aria fissa assorbita. Bisce appena morte (confinare finalmente sopra il mercurio) generano invece azoto. Lo scienziato cerca variabili parassite: il filo d'acqua sopra il metallo liquido, che avrà assorbito aria fissa, le bolle gassose emesse dai corpi, quelle forse preesistenti nell'eudiometro e non perfettamente escluse. Ripete le manovre con ogni avvertenza possibile, forse memore di quando la fretta ha indotto a test imprecisi e la pratica approssimativa del “cerino spento” ha grossolanamente deciso della natura azotica del gas residuo. Ora le analisi sono invece rigorosamente eudiometriche e però alla fine Spallanzani deve arrendersi: “le rane creano veramente aria azotica”,⁵⁴ mentre i gusci delle lumache assorbono il gas – “se non in tutte, in diverse almeno”.⁵⁵ Non c'è regola che consenta di discriminare risultati davvero costanti dai fattori accidentali e gli eventi ‘impossibili’ si moltiplicano.

52. *Ibid.*, p. 489.

53. *Ibid.*, pp. 499-500.

54. *Ibid.*, p. 503.

55. *Ibid.*, p. 511.

Il gas residuo dal confinamento in azoto di pezzi di bisce d'acqua contiene inspiegabilmente un volume più che notevole di aria fissa. Spallanzani avanza l'ipotesi ardita di acido carbonico che, liberato dalla materia organica, prende stato gassoso combinandosi col calorico dell'azoto. E invece i test svelano che, per una inavvertenza, quell'azoto risulta impuro sia d'ossigeno sia d'aria fissa, ed è invece “importantissimo” che le esperienze siano condotte con gas “purissimo” – di nuovo i superlativi a cascata.⁵⁶ Pure gli eudiometri, del resto, possono ospitare variabili parassite. Bisogna infatti assolutamente accertarsi che preparazioni precedenti non lascino residuo alcuno di fosforo: anche una quantità minima del reattivo può infatti guastare ogni calcolo.

VI.5. Una “non leggera difficoltà”

Torna in gioco ciò che l'inchiesta chimica ha segnalato *ad abundantiam* e di cui invece sinora Spallanzani ha inspiegabilmente tenuto ben poco conto, vale a dire l'imprecisione del fosforo, che non riesce ad assorbire tutta l'aria vitale. Una “non leggiera difficoltà”⁵⁷ – scrive Spallanzani l'8 aprile – si può dunque muovere alla supposta distruzione d'azoto. Quando l'acqua dell'eudiometro sale oltre le 20 parti centesime, quello che sembra essere segnale di una quantità d'azoto inferiore all'80% indica in realtà l'aria vitale che il fosforo non sa distruggere e che viene assorbita dallo specimen oltre la percentuale atmosferica. Malgrado la nota preferenza accordata allo strumento di Giobert, per togliere ogni dubbio il miglior mezzo diventa quindi il test con l'aria nitrosa, che segnalerà, ed eventualmente rimuoverà, l'ossigeno residuale. Il giorno dopo si lavora con il gas lasciato da certe lumache in tubi pieni di aria atmosferica, collocati per lungo tempo sulla plancia dell'apparecchio idropneumatico. Il fluido elastico sembrerebbe essere “quasi”⁵⁸ tutto azoto, dato che l'acqua sottostante deve aver assorbito l'aria fissa via via che essa si formava. Il test avviene sia col fosforo sia col gas nitroso. Applicata la fiamma, il minerale fonde finanche, ma non dà reazione alcuna. Trasfuso il fluido elastico nell'eudiometro a gas nitroso, nessuna contrazione di volume si verifica. Non vi è aria vitale di sorta. Il metodo era dunque sicuro.

Di lì a brevissimo lo scienziato trasfonde nell'eudiometro a fosforo il gas residuo di gusci di lumaca, confinati in aria comune sopra il mercurio. Lava in acqua di calce, accende il reattivo, osserva nell'apparecchio salire il livello del liquido oltre i 20 gradi e conclude per un assorbimento d'azoto pari alla differenza. Ripete con le lumache medesime e ottiene esito analogo, che smentisce quindi la considerazione del giorno prima. Il ragionamento congiunge ora l'imprecisione del fosforo all'impotenza degli specimina nell'assorbire tutto l'ossigeno,

56. *Ibid.*, p. 490.

57. *Ibid.*, p. 512.

58. *Ibid.*

entrambe sottovalutate. Ma soprattutto Spallanzani ammette di aver in qualche caso avvicinato la fiamma al minerale e di aver concluso sbrigativamente – troppo sbrigativamente – la perfetta assenza di fumo e quindi di ossigeno. Bisogna dunque “ingenuamente” riconoscere che nel passato non s’è usata l’“attenzione, che vi adopero adesso”.⁵⁹ Lo scienziato rimarca insomma di aver già visto e di non aver osservato: il primo sguardo è dunque quello dell’inesperienza, che non coglie e non discerne. Al ‘secondo sguardo’ non sfugge invece quella passeggera apparenza di fumo e di luce e quell’innalzamento dell’acqua anche solo di mezza linea per cui *ora* è “chiarissimo”⁶⁰ che in realtà non tutto l’ossigeno atmosferico era stato assorbito dalle lumache. E infatti l’eudiometro ad aria nitrosa mostra senza possibilità d’equivoco una diminuzione di volume corrispondente alla (modesta) quantità d’aria vitale ancora contenuta nell’azoto. Compiuta la procedura, bisogna (di nuovo) arrendersi a una distruzione del gas.

La battaglia continua e riappare la produzione, piuttosto che l’assorbimento d’azoto. Si rimarcano pure nuove variabili, rappresentate dalle materie diverse che ricoprono i gusci e possono inquinare i dati, ma ad esse tornano ad aggiungersi i vecchi dubbi sul confinamento in acqua, di cui Spallanzani continua a far uso per liberarsi contestualmente dall’aria fissa, evitando il passaggio in acqua di calce. Rarissimamente, del resto, gli animali vengono ora chiusi negli eudiometri e i gas residui sono piuttosto prelevati dai tubi e tubetti che li contengono.

A partire dalla metà di aprile, l’instancabile iterazione dei casi moltiplica invero la confusione: a parità di tipologia e condizione degli specimina, i valori azotici cambiano in modo incomprensibile. Spallanzani pare sempre sul punto di afferrare un rapporto fra la quantità di azoto prodotto/consumato/immutato e le numerose variabili che maneggia da mesi. E ogni volta deve invece tornare da capo: la regola resta inafferrabile e la situazione disperante. Il biologo, per la verità, aumenta il margine di accettabilità della variazione: il 12 aprile, per esempio, due gradi in meno di azoto sono considerati insignificanti. Ma i casi ansiogeni si moltiplicano ugualmente.

Il 17 aprile esperienze “affatto decisive”⁶¹ sembrano di nuovo collegare la produzione di azoto alla morte e legare la crescita del surplus al tempo del confinamento e dello sfacelo. Due giorni dopo la faccenda è addirittura “per sé chiarissima”:⁶² come Spallanzani aveva però già scritto un mese prima. Lo scienziato ripete infatti a se stesso che quel gas è uno dei componenti che la materia organica rilascia nel disfacimento, ma ecco che una rana, con segni chiari di putrefazione, lascia l’azoto perfettamente identico: “pareva tuttavia che dovesse produrne ...”⁶³ – ammette il biologo sconcertato. Non meno inquietante è il caso frequente di falene che forniscono una quantità d’azoto incredibilmente

59. *Ibid.*, p. 513.

60. *Ibid.*

61. *Ibid.*, p. 523.

62. *Ibid.*, p. 525.

63. *Ibid.*, p. 527.

maggiore rispetto a quella generata dagli anfibii, lo fanno in parità di tempo e di circostanze e lo fanno da vive e non da morte (“eppure doveva forse accadere il contrario ...”).⁶⁴ In entrambe le situazioni è forte il contrasto con la nuova immagine del corpo come deposito di fluidi elastici variamente ‘stoccati’, dove quindi gli scambi gassosi dovrebbero appunto essere proporzionati alla massa e implementati dallo sfacelo della morte.

“Conviene ripetere ognuna di queste sperienze” – scrive Spallanzani il 21 aprile.⁶⁵ Il riferimento è specificamente alla scarsa compiacenza di certe rane che – intatte, scorticate e depolmonate che siano – reagiscono senza regola. Così in effetti il biologo s’impegna a fare per tutte le sue serie sperimentali e così farà per buona parte dell’estate 1797. La sua testardaggine cerca il ‘costante’, ma i numeri possono essere differenti a condizioni sperimentali perfettamente pari, oppure gli stessi in condizioni disparate: con animali d’acqua e di terra, giovani e vecchi (e finanche a stadi diversi della metamorfosi), vivi e morti, a pezzi e integri, depolmonati o variamente eviscerati, “morti di fresco” e addirittura spapolanti, cotti nell’acqua bollente o morti “da sé”.

Dalla fine di aprile, e soprattutto a seguito delle osservazioni sulle lumache (che vengono dal lungo periodo del letargo e quindi sono digiune), compare la nuova variabile dell’alimentazione. Per la verità, già mesi prima Spallanzani aveva annotato nel diario l’aumento d’azoto nell’aria espulsa dai suoi stessi polmoni dopo di aver pranzato. L’osservazione era tuttavia rimasta isolata e nulla consente d’immaginare, già in quel caso, l’intuizione di un rapporto tra funzione digestiva e scambi gassosi. Il 4 maggio 1797 la relazione è invece esplicitata e collega il nutrimento di un pulcino appena nato e l’azoto prodotto. La conclusione è interessante, ma resta sospesa dall’aggiunta di un punto di domanda.

In contemporanea variabili parassite spuntano da ogni lato: bolle d’aria trattenute nei corpi (o nelle penne e nel pelo) ed emesse proprio un momento dopo che Spallanzani si è pronunciato per un supposto deficit d’azoto. Bisogna spremere i volatili nel mercurio – ri-progetta il biologo, che invece, sospettando la tossicità del metallo liquido, ripiega su passerii spennati (che producono comunque azoto) e pulcini implumi, con i quali però digiuno e alimentazione complicano e confondono la scena sperimentale. Non meno interessante è il caso dell’“aria polmonare”, cioè in vari modi costretta a rimanere nei polmoni e in altri organi interni, che si rivelano anch’essi sede dello scambio gassoso.

Disperante è il caso delle bisce. Spremerle non basta per avere certezza di escludere aria preesistente nei corpi: è necessario decapitarle e l’occasione è utile anche per testare il gas che resta dopo di aver confinato il loro sangue in mercurio. La manovra è tutt’altro che semplice. Bisogna infatti troncargli il capo sotto il metallo liquido e far passare il sangue direttamente al tubetto d’analisi, ma la compressione inevitabile della parte mischia aria comune contenuta in trachea e l’esperienza quindi fallisce.

64. *Ibid.*, p. 545.

65. *Ibid.*, p. 528.

Spallanzani torna piuttosto all'aria che sprema dai polmoni di serpi acquatiche costrette all'immersione. Messa in pratica ogni avvertenza, vi si trova un più che notevole surplus di azoto, né si può chiamare in causa gas acido carbonico che falsi i risultati. Proprio non s'intende – scrive Spallanzani – come, nel breve transito dal polmone all'eudiometro, l'acqua possa aver assorbito una quantità di aria fissa pari a ben 8 gradi. Tanti infatti mancano perché, esaurita la reazione di fosforo e acqua di calce, il livello nell'apparecchio raggiunga le normali 20 parti centesimali. Il caso è assai intrigante. Molti, probabilmente troppi, sono stati in effetti i passaggi effettuati attraverso l'acqua. Il gas acido carbonico contenuto nell'"aria polmonare" delle bisce vi si mescola innanzi tutto nel "tinozzo" (che dunque è sempre in uso), poi nel "tubetto" di raccolta, quindi di nuovo nel "tinozzo", per passare infine nell'eudiometro. Su un piatto della bilancia, Spallanzani mette ciò che dovrebbe convincere per un assorbimento men che modesto, vale a dire la lentezza con la quale l'acqua elimina l'aria fissa e la rapidità con cui egli, d'altra parte, compie le operazioni. Ma, sull'altro piatto, ecco i passaggi – ben quattro – effettuati attraverso il liquido, per non dire del percorso non breve che la cosa richiede nell'eudiometro a fosforo. Il dubbio e la prudenza hanno dunque la meglio e lo scienziato cerca la "prova decisiva".⁶⁶ Testa con il dispositivo a gas nitroso un campione di confronto, vale a dire una misura di aria fissa il cui passaggio attraverso l'acqua (dal "misurino" al tinozzo e da questo alla sommità dell'apparecchio) sarà comunque più corto di quello compiuto dall'aria espirata. Il test viene ripetuto "per più e più volte [...] e sempre col medesimo successo."⁶⁷ Lo strumento indica un assorbimento sino a 6 o 7 gradi percentuali. La conclusione è sconfortata:

Questo esperimento è capitale per far vedere, che nella serie immensa delle mie sperienze, non sono sicuro della produzione dell'aria azotica ottenuta, secondo ch'io pensava dagli animali, giacché ad onta d'essermi valuto del mercurio, è sempre vero che l'aria che era sopra il mercurio la faceva passare al contatto dell'acqua sostituita al mercurio, poi all'eudiometro, pieno d'acqua. Onde in questi passaggi è innegabile che qualche quantità d'aria fissa doveva perdersi.⁶⁸

Si torna punto d'accapo: i centesimi distrutti di gas acido carbonico sarebbero stati occupati dall'azoto e avrebbero quindi ingenerato l'abbaglio di un surplus che in realtà non sussiste. L'artificio sperimentale ha usato però – ammette il biologo – aria fissa generata in laboratorio e quindi forse più idrosolubile di quanto non sia quella contenuta nell'espirato degli animali, cioè un gas sempre mischiato ad azoto e ossigeno. Ma è evidente che il passaggio in acqua, per quanto breve esso sia, non è mai indolore: "lo che basta perché le addotte difficoltà sussistano".⁶⁹ Spallanzani però non desiste.

66. *Ibid.*, p. 602.

67. *Ibid.*

68. *Ibid.*

69. *Ibid.*

Il 9 giugno una grossa biscia appena pescata offre l'occasione per ripetere una manovra che l'autore ha già per la verità arrischiato, ma che viene variata appositamente e che, nella speranza dello scienziato, deciderà la situazione. L'idea è di insufflare aria nei polmoni, lasciarvela a lungo e testarla poi per verificare se e quale scambio gassoso si sia verificato nell'organo dell'animale morto. E sin qui nulla di nuovo. L'aria però non sarà comune aria atmosferica, ma quella che, espulsa dal biologo medesimo, risulta inevitabilmente già alterata e lo sarà ancora di più dopo il soggiorno ulteriore negli organi dell'animale. Torna dunque ciò che è tipico del 'buon metodo' di Spallanzani, vale a dire forzare e portare al limite l'oggetto sperimentale affinché, messo "al tormento",⁷⁰ esso fornisca risposte che spontaneamente non offre.

Il gas resta nei polmoni della biscia per 11 ore, dopo di che lo scienziato ne preleva una porzione, riempie l'eudiometro e procede con le reazioni. Fosforo e acqua di calce fanno il loro lavoro e indicano rispettivamente l'assorbimento di 10 parti centesime di ossigeno e la produzione di altrettante parti di gas acido carbonico. A questo punto bisogna però distinguere tra l'aria fissa generata dalla serpe e quella già presente perché espulsa da Spallanzani, che quindi analizza subito altro gas da lui stesso espirato a forza. Invero solo due gradi e mezzo provengono dai suoi polmoni e di essi sarà facile tener conto. Il giorno successivo (ovvero dopo ben 21 ore di permanenza del gas nel rettile morto) il residuo gassoso è sufficiente per ripetere l'analisi in un eudiometro definito mediocre. Asportata di nuovo l'aria fissa, il livello dell'acqua nel dispositivo sale sino al grado 12, al quale si aggiunge un'ulteriore parte centesima dopo l'accensione del fosforo. L'algoritmo non fornisce di certo novità sconvolgenti, computando un assorbimento totale d'ossigeno pari al 19% e una produzione di 12 parti percentuali di gas acido carbonico. La conclusione ad effetto si gioca invece proprio sul fronte dell'azoto. I due passaggi consentono infatti di riferire i 7 gradi prodotti senz'altro a quest'ultimo e non ad aria fissa assorbita dall'acqua. In caso contrario le ben 19 parti centesime di gas acido carbonico generato avrebbero dovuto comparire sin dalla misurazione del giorno precedente, quando invece il valore si era arrestato al 12% (al quale in realtà avrebbero dovuto esser tolti i pochi gradi preesistenti e imputabili alla respirazione dello stesso Spallanzani). "L'esperienza di jeri, e di oggi è rilevantissima" – conclude lo scienziato, considerandola prova luminosa che gli organi "morti" e "vivi" sono parimenti efficaci.⁷¹

L'11 giugno il protocollo è ripreso e però i polmoni della biscia vengono riempiti con l'aria comune contenuta in una vescica. Il gas resta nel corpo per 22 ore e i dati dell'analisi eudiometrica sono pressoché sovrapponibili. Non ci sono più esitazioni almeno circa la natura azotica dell'aria prodotta,

70. L'espressione non è mai usata in questa inchiesta, ma è significativa e ricorrente nella narrazione di tutte le ricerche precedenti (cfr. per es. Monti, *Storie di animali chiusi*, cit., *passim* e Monti, *Spallanzani e le rigenerazioni animali*, cit., *passim*).

71. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. II, p. 610.

di cui infatti decide la sola prova del cerino (che si spegne), ed esitazioni non ci saranno neppure quando Spallanzani ripeterà il protocollo con organi cavi diversi. Una biscia viene infatti chiusa in idrogeno e impedita alla respirazione con il taglio e la legatura della trachea. Rimessa la bestiola all'aria aperta, lo scienziato sprema sott'acqua l'aria contenuta nei polmoni e la passa all'eudiometro verificando crescita del gas: “come adunque si è prodotta tale aria?”⁷² Ripreso il dominio della situazione, il test è iterato con l'“aria polmonare” di serpi mutilate e lasciate sia in idrogeno sia all'aria aperta. Il risultato non cambia e prova “abbondantemente”⁷³ che il soggiorno obbligato dell'aria nei polmoni basta per fornire azoto in grande quantità, generare aria fissa (poca, invero) e assorbire tutta l'aria vitale. Già magazzino di fluidi elastici diversi, il corpo diventa fabbrica d'azoto. Ma la norma latita e stimola nuovi approcci procedurali.

Dalla metà di giugno del 1797 Spallanzani pratica l'alcali caustico, sinora mai citato negli appunti. Lo aggiunge nei contenitori per assorbire l'aria fissa via via che essa si forma ed evitare quindi il passaggio in acqua di calce. Con la novità, sembra verificarsi un aumento inatteso della quantità di azoto prodotto e ciò accade nel confinamento in ossigeno, dove sinora l'occorrenza è stata generalmente più rara. In esperimenti di controllo senza l'alcali e svolti con le stesse tipologie animali, la straordinaria formazione d'azoto persiste, ma si azzerà ripetendo in aria comune sopra il mercurio. Invero l'ossigeno – anche il migliore – manifesta sempre un residuo azotico, che quindi si aggiunge a quello prodotto dagli specimina, ma, anche sottraendo gli 8 (!) gradi d'azoto persistenti nella migliore aria vitale, il resto non può essere che gas generato. Se ciò *non* avviene in aria atmosferica, la cosa si spiega forse considerando che le bestiole vi sopravvivono di meno rispetto a quanto accade in ossigeno. Tuttavia una sia pur modesta percentuale d'azoto dovrebbe generarsi comunque. “Mi rimane della difficoltà” – ammette Spallanzani.⁷⁴

VI.6. “Niente possiam decidere”

A partire dall'autunno del 1797 l'interesse e l'impegno dello scienziato si concentrano sulla novità maggiore dell'inchiesta, vale a dire l'assorbimento d'aria vitale e la produzione di gas acido carbonico che avvengono in ogni frammento di materia organica. Su di essi, più che sulle bizzarrie dell'azoto, vengono quindi fatte reagire le variabili in gioco, in primis l'organizzazione e la disorganizzazione di corpi, organi e tessuti. Di conseguenza, malgrado l'abbondanza di dati disponibili, spesso l'alterazione dell'azoto non viene più calcolata. Ciò però non significa che Spallanzani abbandoni la partita.

72. *Ibid.*, t. III, p. 894.

73. *Ibid.*, p. 897.

74. *Ibid.*, t. II, p. 618.

Lo scienziato riprova a lavorare sull'accettabilità della variazione e cerca di stabilire quando i gradi percentuali in più (o in meno) siano ininfluenti e quando invece superino il margine della contingenza e smentiscano davvero l'inerzia dell'azoto. Esempio è il comportamento di campioni identici di pelle umana che, confinati in aria comune, ora producono surplus di gas, ora non lo producono, ora assorbono. "Conviene pensar sopra questa apparente contraddizione" – si legge nel diario del 15 giugno.⁷⁵ Se le condizioni sperimentali sono identiche, la "contraddizione" deve infatti essere "apparente" e il numero delle parti centesime, che in quei casi sembrano fare la differenza, diventa automaticamente "piccolissimo" e sarà "piuttosto meglio trascurarlo".⁷⁶ La variazione insomma esiste, ma non intacca la regola dell'inerzia. Affrontando i 22 gradi di cui il livello eudiometrico sale con l'esperto di un pipistrello, il biologo è al proposito chiarissimo: "torno a ripetere, due gradi di meno sotto li 20, due gradi di più sopra li 20 *non decidono*."⁷⁷ L'ambiguità semantica del medesimo verbo – 'decidere' – è evidente. Per un verso, ciò che "*non decide*"⁷⁸ non intacca e anzi conferma la norma; per l'altro, a causa della solita modesta quantità d'azoto (che dunque non dovrebbe *decidere*) "sembra, che *niente si può decidere con sicurezza*" intorno al comportamento di certi anfibi sperimentati ora intatti ora dissanguati.⁷⁹ E l'ambiguità semantica riassume bene l'ambiguità (e il discomfort) della posizione di Spallanzani.

Il biologo si sta accorgendo che non è il 'buon metodo' a stabilire l'accettabilità della variazione; è la problematicità (e a volte proprio la 'grossolanità') del contesto a definire ciò che "non decide" e a stabilire la dimensione dell'insignificanza, cioè le parti centesime di cui il livello del liquido eudiometrico si alzerà o abbasserà senza che ciò abbia potere di falsificazione. La situazione è insostenibile per chi ha sempre portato il criterio della precisione e lo scrupolo dell'esattezza oltre il limite concepito dai contemporanei. In laboratorio però l'attività non si ferma. Il 26 settembre l'eudiometro analizza l'aria di due lumache della stessa specie e grandezza, nonché confinate "nelle stesse circostanze d'aria comune, di spazio aereo, e di tempo".⁸⁰ Il risultato è spiazzante, dato che la prima assorbe e la seconda produce una più che notevole quantità d'azoto, ben lontana insomma dai pochi gradi che "non decidono". "Ma come ciò?" – si chiede il biologo,⁸¹ che tenta di assestare comunque la situazione. Sulla scorta di precedenti esperienze ripetute, il contrasto si scioglie immaginando che il secondo specimen abbia avuto in corpo una bolla d'aria preesistente nel tubo di confinamento. Al termine di una lunghissima giornata di lavoro, la cosa tuttavia si ripete. Ecco calabroni, già vivi in aria comune, che distruggono aria azotica

75. *Ibid.*, p. 619.

76. *Ibid.*

77. *Ibid.*, p. 620 – corsivo nostro.

78. L'espressione è frequente. Cfr., oltre la già cit. p. 620, anche p. 522.

79. *Ibid.*, p. 627 – corsivo nostro.

80. *Ibid.*, p. 683.

81. *Ibid.*

mentre il giorno prima ne generavano – “e molta”.⁸² A Spallanzani sfugge: “Ma come va la cosa? Mi sorprende.”⁸³ Ciò che si manifesta è impossibile, perché la procedura non è fallace: “non essendomi accorto di sbaglio alcuno”.⁸⁴

Contestualmente lo scienziato istituisce prelievi seriali dei gas prodotti e assorbiti dai medesimi specimina all'avanzare della decomposizione. Di concerto vanno le manovre di bollitura (o più genericamente cottura) dei campioni, già praticate in modo estemporaneo sin dal mese di maggio, ma ora allestite come operazioni che, al pari del confinamento in azoto e in idrogeno, devono impedire gli scambi gassosi e interferire con i processi dello sfacelo. Lo scopo principale e dichiarato è testare e normare la respirazione tissutale: effetto ‘collaterale’ è riscontrare se ciò abbia esiti sulla generazione d'azoto che, almeno in prima battuta, le procedure sembrano in effetti impedire o almeno diminuire. I valori tornano tuttavia presto ad estrema variabilità.

Un caso assai intrigante è quello dei salumi, che forniscono la condizione ottimale per stabilire lo scambio gassoso in assenza di corruzione e in presenza dei fattori che di norma la scatenano (tempo e calore). Gli eventi hanno luogo però anche nel salame cotto, ribaltando la situazione della bollitura, che aveva sin lì per lo più neutralizzato l'attività chimica degli specimina e rappresentato un ostacolo non da poco allo sviluppo della teoria. Bisogna dunque “generalizzare le prove”.⁸⁵ Ciò avverrà per serie sperimentali che impegneranno lo scienziato con campioni di carne e di pesce confinati in gas diversi, seguiti per mesi sino allo sfacelo completo, a conferma della respirazione tissutale, ma in totale variabilità di risultati. Spallanzani persevera inoltre con manovre diverse su molti organi naturalmente cavi, dove il normale processo respiratorio si metamorfizza in scambio gassoso collocabile ovunque nella materia organica, si tratti di animali vivi e morti e finanche di parti espianate.

Impegnato sui molti fronti aperti, il 30 ottobre il biologo annota che la battaglia con i numeri instabili dell'azoto non è più “il principale *suo* scopo”, perché è impossibile “stabilire regola fissa”⁸⁶ per il rapporto fra il gas e la putrefazione. Le cose – e Spallanzani lo sa benissimo – sono in realtà ben più complicate. Invero l'azoto attrae e respinge nel medesimo tempo e, sia pur in maniera meno sistematica, lo scienziato continuerà infatti a darne conto anche negli ultimi mesi dell'anno, introducendo anzi, con i rigori dell'inverno 1797-1798, la variabile ulteriore della temperatura. Il caldo (della stufa) e il freddo (della stagione) vengono parametrati e ripetutamente testati quali fattori che, più della vita e della morte, agiscono sull'entità della reazione chimica. Spallanzani conferma e riconferma la loro connessione, tenta come sempre di costruire una curva che legghi temperatura e quantità dei gas e, al solito, gli è impossibile normalizzare i valori.

82. *Ibid.*, p. 685.

83. *Ibid.*

84. *Ibid.*

85. *Ibid.*, t. III, p. 813.

86. *Ibid.*, t. II, p. 709.

Si torna alle criticità note e connesse all'impiego dell'acqua, ma la situazione non è più riconducibile a quell' 'elogio dell'imperfezione' che aveva caratterizzato il primo confronto con Götting. L'acqua – ormai si sa – può simulare produzione d'azoto, assorbendo aria fissa in quantità indeterminabile e di cui “niente possiamo decidere.”⁸⁷ Tuttavia come evitarne l'uso, quando la sostituzione con l'unico metallo liquido inizia a indicare effetti tossici, che a loro volta possono risolversi in variabili parassite ancora più insidiose?

VI.7. Le piante

Un appunto non datato, ma con ragionevole certezza riferibile al 23 novembre 1797, registra il primo confinamento di vegetali. Spallanzani usa idrogeno – e la scelta dell'aria mefitica pare indicare che la prima osservazione di cui l'autore decide di tener traccia forse non è la prima in assoluto. Della novità, il diario non dà motivazione, ma anch'essa è probabilmente collegabile al rapporto con Senebier, che da anni si occupa di respirazione delle piante e ne carteggia con l'amico italiano. In quest'ultimo scorcio del 1797 lo studio della fisiologia vegetale resta per Spallanzani in realtà episodico e solo nell'annata successiva esso si associa al filone d'indagine principale e impegna parimenti il biologo, che vi applica la teoria, le tecniche e le procedure già sviluppate e affinate. Pure la scrittura delle note avviene senza soluzioni di continuità rispetto alle pagine che ospitano le altre esperienze nel diario di laboratorio.

Lo scienziato indaga le piante attendendosi le medesime reazioni verificate negli animali e negli stessi termini legge assorbimento e produzione di arie respirabili e mefitiche (di azoto in particolare). È quindi inevitabile che i primi risultati abbiano di che sconcertare l'amico ginevrino, specialista della materia. Le piante sembrano infatti assorbire aria vitale esattamente come gli animali e solo il 20 dicembre Spallanzani annota l'analisi del gas che, copiosamente prodotto da foglie di aloe tenute al sole in tubi pieni d'acqua, contiene prima il 40% e poi ben l'80% d'ossigeno, contro il 20 dell'aria comune. La cosa non è rimarcata con particolare interesse – o almeno non quanto colpisca la natura azotica del 20% residuo (teste il cerino), al punto che il biologo ne conclude: “non credo che questo non sia stato da altri scoperto”.⁸⁸

Gli esperimenti circa l'azione del sole e delle tenebre sui vegetali si protraggono sino e oltre la fine dell'annata, ma il focus della ricerca è volto a ossigeno e gas acido carbonico piuttosto che ai casi in cui si dà pure produzione d'azoto. L'8 marzo 1798 Spallanzani ottiene da *Aloe disticha* aria che definisce “migliore” di quella atmosferica, rimarca come ciò avvenga per “la prima volta” e sfuma però la novità aggiungendo che, solo ora, l'evento accade in “modo

87. *Ibid.*, p. 693.

88. *Ibid.*, p. 751.

deciso”.⁸⁹ Poche righe dopo, la nota corregge e problematizza: a Spallanzani è sufficiente rileggere il quaderno per accorgersi di esperienze che sembrano proprio in tutto simili e che però hanno esiti contrari. La situazione è incerta. Il caso pare anzi decisamente “l’eccezione”, rilevata solo in quella certa pianta, “e non sempre”.⁹⁰

Lo sviluppo di questo specifico settore di ricerca non regge insomma il confronto né con la cascata di innovazioni fornita dall’inchiesta sulla respirazione animale, né con gli sviluppi europei della scienza contemporanea. Ma, dal punto di vista della battaglia con l’azoto, la cosa importa relativamente poco. Importa assai di più un fatto diverso: per gli esperimenti sulla respirazione delle piante ricompaiono le gloriose boccette a turacciolo smerigliato, che tanta parte hanno avuto nella contestazione di Götting e che, soprattutto, consentono il confinamento in asciutto: l’acqua sottostante, in cui esse pescano, non può infatti entrarvi. O almeno non dovrebbe. In realtà, già alla seconda ripetizione della manovra, Spallanzani si accorge che il tappo non chiude perfettamente e l’acqua ascende nel collo e finanche nel corpo della bottiglietta. Ma si tratta di contingenze sfortunate che non intaccano il rilievo del nuovo protocollo.

A partire dal 26 novembre 1797 questa novità (propriamente applicativa, ma di certo la più rilevante nell’ultimo scorcio dell’inchiesta) viene introdotta anche per esperimenti con campioni di carne, chiusi ermeticamente (“si può dire ...”)⁹¹ in aria comune, idrogeno e azoto. Lo scopo dichiarato come principale è verificare il rapporto tra l’aria fissa generata nei gas mefitici e quella prodotta dagli stessi specimina in aria comune, evitando che una percentuale di gas acido carbonico venga assorbita dall’acqua e renda quindi il computo fallace. Nel prosieguo la procedura diventa seriale, prevede boccette a bocca larga per rinchiudervi animali interi e Spallanzani non perde l’occasione per rilevare di nuovo produzione e assorbimento d’azoto e cercare la regola che non c’è. Ciò non significa, beninteso, che egli interrompa l’uso contestuale di preparati in acqua e che in tali situazioni non continui a macerarsi nell’incertezza: i valori sono probabilmente falsati – e lo si riconosce – ma è impossibile dire quanto e come. Al solito, livelli diversi di affinamento procedurale convivono.

VI.8. Un prodromo e ultime manovre

Poco dopo il ritorno a Pavia per l’inizio dell’anno accademico, Spallanzani comunica a Senebier il prossimo invio di “un transunto di più cose, che a me sembrano affatto nuove, e che portano a grandi conseguenze”.⁹² Il progetto è per una sorta di prodromo del grande trattato sulla respirazione, concepito in

89. *Ibid.*, t. III, p. 874.

90. *Ibid.*, p. 875.

91. *Ibid.*, t. II, p. 729.

92. Spallanzani a Senebier, 10 novembre 1797 (Spallanzani, *Carteggi*, cit., vol. VIII, p. 402).

forma di lettera indirizzata allo stesso Senebier e da pubblicare al più presto. Il biologo teme di essere da altri anticipato: senza motivo, in realtà, dato che nel panorama scientifico coevo le sue novità sono assolute. La risoluzione di marcare in fretta il territorio segnala però che i tempi della grande opera, pur detta in composizione, non saranno veloci.

Non sappiamo quando esattamente l'autore riesca a ultimare la stesura di questa lettera, in effetti piuttosto tormentata, ma essa è presumibilmente collocabile tra la fine dell'inverno 1797 e l'inizio della primavera seguente. Il 7 dicembre Spallanzani annuncia infatti di aver concluso la composizione,⁹³ ma il successivo 20 gennaio l'invio del saggio ("ch'io sto scrivendo" e che ha "più d'un rapporto con la chimica") richiede ancora "una quindicina di giorni".⁹⁴ Invero alla fine del mese il biologo lavora su appunti disordinati,⁹⁵ dove per di più si allude a *due* lettere ed è chiaro che, forse per la prima volta nella sua lunga carriera scientifica, subisce e non domina la scrittura. Nel manoscritto il racconto si mischia infatti a considerazioni sul come raccontare. Passato e presente si sovrappongono, le esperienze narrate (e quindi necessariamente compiute) sono intersecate dalle esperienze in corso (cioè il diario a caldo degli eventi). Sembra che Spallanzani scriva e al tempo stesso entri ed esca dal laboratorio: il racconto non riesce a consolidare la materia informe delle osservazioni, alle quali perciò si torna e ritorna. Nulla appare della battaglia con l'azoto e tanto meno dei suoi incertissimi esiti.

All'inizio di febbraio del 1798 è invece riferibile una vera bozza della "Lettera al Sig. Senebier relativa alla respirazione degli animali"⁹⁶ e una seconda minuta (datata peraltro 28 dicembre 1797) viene iniziata a metà di quel mese e conclusa intorno alla fine.⁹⁷ Nel primo tentativo compare un unico riferimento di poche righe a "chimiche alterazioni"⁹⁸ subite dall'azoto nei molteplici esperimenti istituiti, e tuttavia Spallanzani asserisce che non una sola delle tante esperienze compiute è stata intrapresa senza considerare i casi del gas in questione. Centralità e importanza degli eventi sono quindi riconosciute *apertis verbis*, ma quando l'autore tenta di dare espressione formale e coerente al garbuglio delle cifre, la narrazione non regge all'impresa. L'atto respiratorio – annuncia Spallanzani – può sia lasciare intatto l'azoto, sia diminuirlo, sia accrescerlo e ciò dipende da una non meglio specificata diversità delle tipologie animali: nel manoscritto però proprio il caso dell'aumento (da cui tutto ha avuto origine) viene barrato dalla mano dell'autore. Restano quindi solo due eventualità:

93. Spallanzani a Senebier, 7 dicembre 1797 (*ibid.*, p. 404).

94. Spallanzani a Senebier, 20 gennaio 1798 (*ibid.*, p. 412).

95. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. III, pp. 786-793.

96. *Ibid.*, pp. 793-804. La "Lettera" sarà collocata all'inizio delle postume *Memorie su la respirazione* [1803], oggi pubblicate in *Edizione*, cit., parte V, vol. V, pp. 61-70. Per le intricate vicende di tale edizione postuma cfr. Monti, *Storie di animali "chiusi"*, cit., *passim*.

97. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. III, pp. 844-859. Per una datazione almeno indiciale di questa bozza e della precedente, cfr. le note editoriali in *ibid.*, pp. 793; 844.

98. *Ibid.*, p. 802.

l'inerzia (che ovviamente non pone problemi) e il calo dell'azoto nel processo respiratorio. Spallanzani scrive, per la verità, di una "qualche diminuzione"⁹⁹ e la scelta dell'aggettivo indeterminativo già indica un'idea di trascurabilità, confermata nella comparazione con quanto avviene invece all'aria vitale, che è tutta o quasi tutta sempre assorbita. Il paragone è evidentemente fuori luogo, quanto l'evento è appiattito all'insignificanza della quantità, laddove in laboratorio – Spallanzani lo sa bene – era stata la sua *qualità* a violare i fondamentali della nuova chimica. L'acrobazia è notevole.

Nella seconda bozza, stesa a pochi giorni di distanza, la narrazione è ribaltata. Ora l'azoto cresce "spesso", ma ciò avviene con gli animali morti e il fenomeno è riconducibile a ciò che di norma accade nelle "putride fermentazioni" – o così almeno aggiunge la mano di Spallanzani, che scrive e subito cancella.¹⁰⁰ Per gli animali vivi si riprende invece la versione precedente, ancora si insiste sulla misura infinitesima della diminuzione dell'azoto rispetto a quella dell'ossigeno e il tutto s'inquadra nella nuova concezione del corpo come mazzino di gas.

La scrittura delle minute non interrompe la sperimentazione che, proprio da febbraio, assume anzi modalità assai impegnative. Più serie sono allestite con porzioni di carne e di pesce che, a parità di ogni circostanza, vengono poste nelle note boccette a tappo smerigliato con aria comune, ossigeno, idrogeno e azoto. A intervalli regolari, Spallanzani preleva il gas e lo reintegra sinché si esaurisce (o quasi) l'attività chimica dei campioni. Tra i mesi di febbraio e aprile del 1798 il diario registra con grande minuzia le ore trascorse e gli esiti degli esami eudiometrici, cioè l'assorbimento d'ossigeno, la produzione di gas acido carbonico e, ma sempre più raramente, di azoto. I periodi fra una "visita" e l'altra (ben 22 per una serie allestita con carne bovina dall'8 febbraio al 10 marzo) sono all'inizio giornalieri e variano poi in corrispondenza alla velocità delle reazioni. Il miraggio è usare i dati ottenuti per provare la proporzionalità diretta fra corruzione degli specimina e produzione di aria fissa, o meglio (dato che lo sfacelo non è una categoria scientifica) per stabilire una o più funzioni che leghino le ore di confinamento post mortem, le specificità del gas e la temperatura. Le esperienze sono tutte "sommamente istruttive"¹⁰¹ – si legge negli appunti – ma la loro registrazione offre un oceano di cifre che non diventa un'espressione matematica e tanto meno ciò accade per la produzione d'azoto.

A partire dalla tarda primavera del 1798 l'inchiesta sulla respirazione perde per lo più l'andamento seriale e Spallanzani riprende dettagli dei singoli filoni d'indagine, rivede e ridefinisce. Ha probabilmente raggiunto il massimo conseguibile con gli strumenti materiali e teorici di cui dispone, ma non è in grado di chiudere nessuno dei numerosi fronti aperti. Forse deluso, forse indispettito, forse semplicemente esausto da un'inchiesta che ha prosciugato tempo ed

99. *Ibid.*

100. *Ibid.*, p. 856.

101. *Ibid.*, p. 781.

energie, a partire dai primi di aprile del 1798 lo scienziato si dedica in modo pressoché esclusivo alla ricerca sulla respirazione vegetale. La produzione d'azoto avviene in quasi ogni pianta, ma è variabilissima: da pochi centesimi a percentuali decisamente importanti. “Donde viene questo azoto nelle piante?” – si chiede l'autore.¹⁰² Il gas potrebbe essere “intrinseco” e uscire per azione del sole, ma ciò quadra male con quella che Spallanzani definisce “l'analisi delle piante”,¹⁰³ che ne rivela come costitutivi l'idrogeno, il carbonio e l'ossigeno, ma ben raramente l'azoto. Resta dunque l'ipotesi esogena, cioè del gas che, al pari dell'ossigeno, è mescolato all'acqua e, come l'ossigeno, viene emesso poi dai vegetali. Il biologo abbozza un'“ossatura”, compila una “memoria” sulla respirazione vegetale¹⁰⁴ e finalmente pubblica una *Lettera* a Giobert,¹⁰⁵ nella quale l'ossigeno fornito in acqua dalle piante è detto “inseparabilmente congiunto” ad azoto.¹⁰⁶ Spallanzani non aggiunge altro e soprattutto non rivela nulla dell'apparato sperimentale sviluppato, notevole seppur inconcludente.

Dalla fine di aprile è intenso e regolare anche lo studio degli scambi gassosi che accadono nell'acqua acidulata dall'acido carbonico.¹⁰⁷ L'interesse per gli animali si ridesta infatti solo negli ultimi giorni d'agosto, suscitato da osservazioni sulla respirazione di vermi, larve e parassiti dei vegetali. Ora il surplus d'azoto risulta sproporzionatamente grande, date le dimensioni degli specimina frequentati, ma – di nuovo – Spallanzani usa l'acqua e perciò – di nuovo – non riesce a stabilire quanta aria fissa sia stata davvero prodotta. Chiudere quelle tipologie animali in asciutto (o nel mercurio) è del resto oggettivamente impossibile e quindi il 10 settembre il biologo mette a punto un'ultima variante procedurale. Cerca infatti di bilanciare la criticità dell'acqua con la pre-determinazione eudiometrica della quantità d'aria immessa nel tubo di confinamento. In passato – si sa – una generica porzione di “aria chiusa” veniva infatti trasfusa nell'eudiometro, lavata in acqua di calce e sottoposta quindi all'accensione del

102. *Ibid.*, p. 932.

103. *Ibid.*

104. *Ibid.*, pp. 1041-1043; 1044-1049. La “memoria” sarà tradotta in francese da Senebier e pubblicata postuma in Spallanzani, *Rapports de l'air avec les êtres organisés ou traités de l'action du poulmon et de la peau des animaux sur l'air, comme celle des plantes sur ce fluide. Tirés des journaux d'observations et d'expériences de Lazare Spallanzani, avec quelques mémoires de l'éditeur sur ces matières. Par Jean Senebier*, Genève, 1807, vol. III, pp. 21-33.

105. Spallanzani, *Lettera al Sig. Gian-Antonio Giobert celebre chimico sopra le piante chiuse ne' vasi dentro l'acqua, e l'aria, ed esposte all'immediato lume solare, e all'ombra* [1798], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, pp. 243-250.

106. *Ibid.*, p. 247. Cfr. anche la cit. “memoria” in Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. III, p. 1047.

107. Questo filone di ricerca confluirà nella memoria *Se le acque del globo decompongano l'acido carbonico che ricavano dall'atmosfera*, oggi edita in Spallanzani, *Edizione*, cit., Parte V, vol. V, pp. 259-269 e già pubblicata postuma in francese a cura di Senebier (Spallanzani, *Rapports de l'air*, cit., vol. III, pp. 5-20). Tra la metà e la fine di maggio del 1798 Spallanzani ne compone due bozze (Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. III, pp. 966-978) e allega la versione definitiva del saggio alla lettera inviata a Senebier l'8 giugno 1798 (*ibid.*, pp. 983-989 e *Carteggi*, cit., vol. VIII, pp. 427-429).

fosforo. Se nel primo passaggio il livello dell'acqua eudiometrica saliva a 10 gradi e nel secondo restava immutato, male se ne concludeva – ragiona ora Spallanzani – la produzione di un 10% di gas acido carbonico e di una pari percentuale di azoto: avrebbe potuto benissimo trattarsi di 20 parti centesime di aria fissa, di cui 10 assorbite dall'acqua per uno spazio riempito quindi dall'azoto. Sessantaquattro larve di zanzare vengono ora collocate in un tubo con acqua nel quale s'introduce l'esatta misura d'aria stabilita dall'eudiometro, lo stesso dove viene riportato il gas residuo. Ecco che il livello sale ai normali 20 gradi e così resta dopo l'accensione del fosforo. L'ossigeno è stato dunque tutto consumato dagli specimina, il gas acido carbonico generato è stato completamente assorbito dall'acqua e quindi non si è prodotto un solo grado di azoto. Il metodo è definito “più esatto, e sicuro”,¹⁰⁸ ma non sembra che Spallanzani abbia avuto tempo e intenzione di applicarlo ulteriormente.

VI.9. Sino all'ultimo respiro

Fra l'autunno e l'inverno del 1798 lo scienziato è assai preso dalla compilazione di “estratti”, “ristretti” e “transunti”, vale a dire i compendi che ha l'abitudine di trarre dalla massa delle note.¹⁰⁹ Questo lavoro di rilettura e riassunto s'intreccia con tentativi di redazione per i tre saggi monografici nei quali ha riconvertito il progetto originario del grande trattato sulla respirazione.¹¹⁰ Due bozze della sola prima memoria (parziali e alquanto diverse per forma e contenuto) sono ragionevolmente collocabili tra la fine di ottobre e l'inizio di febbraio 1799.¹¹¹ Posteriore, per grado di elaborazione della materia, è un'altra stesura,¹¹² che presenta tutti e tre i pezzi con varianti importanti rispetto a ciò che sarà pubblicato dopo la morte di Spallanzani e che quasi sicuramente l'autore non riteneva pronto per la stampa. È a quest'ultima versione manoscritta dei tre saggi (e non all'edizione postuma) che faremo quindi riferimento.

Le memorie vanno parecchio oltre l'assestamento e la normalizzazione che ogni forma di comunicazione pubblica impone, *et pour cause*, dato che – come sappiamo – il materiale di base è piuttosto lontano dall'aver conseguito la ricercata ‘accettabilità delle variazioni’. Spallanzani afferma infatti che il suo assunto principale è stato scoprire se chioccioline e lumache (oggetto specifico del primo saggio) assorbano per intero l'ossigeno atmosferico e siano quindi di qualche utilità in eudiometria. Ma per dimostrare che le bestiole funzionano quali “perfetti eudiometri”,¹¹³ non basta che distruggano tutta l'aria vitale: è

108. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. III, p. 1055.

109. *Ibid.*, t. IV, pp. 1077-1239.

110. Spallanzani, *Memorie su la respirazione*, cit. Per le vicende della mancata pubblicazione della “grande opera” sulla respirazione cfr. Monti, *Storie di animali chiusi*, cit., pp. 180 e sgg.

111. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. IV, pp. 1265-1273.

112. *Ibid.*, pp. 1273-1344.

113. *Ibid.*, p. 1283.

necessario – si nota – che nel processo respiratorio la componente azotica non sia né accresciuta né diminuita. Per questo motivo è stato sviluppato il ramo d'indagine sulla neutralità dell'azoto, che sin dall'inizio rivela – ammette Spallanzani – un'inattesa complessità dal punto di vista procedurale.

Lo scienziato pratica uno dei più noti dispositivi retorici e non risparmia la narrazione dell'incertezza e dei fallimenti, di cui in effetti il laboratorio gli era stato prodigo. Il primo momento è infatti quello dell'insoddisfazione nei confronti del proprio metodo, per altro ricostruito in modo assai selettivo rispetto alla varietà dei fatti. Esso prevede dunque il confinamento delle lumache coperte da un tubo di vetro e collocate sulla plancia dell'apparecchio pneumatico a mercurio, il cui livello s'innalza risucchiando l'aria con un sifone. Spallanzani sa bene che una memoria di fisiologia della respirazione non è il luogo conveniente per esporre le note criticità connesse all'uso dell'acqua, ma anche qui spiega e argomenta la preferenza accordata al mercurio e ricorda l'idrosolubilità del gas acido carbonico, di cui vuole invece misurare esattamente la produzione. Il protocollo classico richiede perciò che si attenda la morte degli specimina, si riempia di mercurio l'eudiometro a fosforo e vi si trasfonda un campione del gas residuo, sino a colmare le cento parti dell'apparecchio. Con acqua di calce si asporta l'aria fissa prodotta e si riconduce il fluido elastico all'eudiometro, che misura per differenza la quantità di gas acido carbonico generato. La combustione del fosforo fa salire ulteriormente il livello del mercurio e indica il volume d'ossigeno non assorbito dagli animali, o meglio ad esso si arriva in modo più preciso con un ulteriore passaggio del gas nell'eudiometro ad aria nitrosa, che asporta le parti centesime sfuggite all'azione del minerale. A questo punto è chiaro che chioccioline e lumache non sono affatto i “perfetti eudiometri” di cui Spallanzani ha letto negli autori francesi,¹¹⁴ né è possibile verificare il secondo corno del problema, vale a dire se vi sia stata produzione o assorbimento d'azoto. Ciò con cui alla fine si riempie il dispositivo sono infatti 100 gradi di azoto, sia stato quest'ultimo aumentato o diminuito durante la respirazione. Ben altro è il “metodo novello trovato sicuro”¹¹⁵ che viene esposto di seguito perché il contrappunto sia di massima efficacia e l'attenzione del lettore vi si focalizzi.

La narrazione successiva costruisce in effetti una procedura che non è nessuna di quelle davvero applicate in laboratorio e che realizza una sorta di sintesi ideale per estrazione e assemblaggio di pezzi dalle numerose varianti sperimentate. Per calcolare la percentuale d'azoto presente nel gas espirato, si introducono dunque nel dispositivo a fosforo, sempre pieno di mercurio, cento parti d'aria comune, che poi vengono passate al solito tubo capovolto e pieno dello

114. Spallanzani si confronta ripetutamente con il classico Louis-Nicolas Vauquelin, *Observations chimiques et physiologiques sur la respiration des insectes et des vers*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1792, XII, pp. 273-291.

115. Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso”*, cit., t. IV, p. 1283.

stesso metallo liquido, sopra il quale si collocano gli specimina. Gli animali raggiungono un sottile supporto di vetro, dove rimangono per tutto il tempo, così da evitare il contatto e i possibili effetti tossici. Si attende la loro morte, si restituisce l'aria residua all'eudiometro e si controlla a quale altezza salga il metallo liquido (ciò che, per sottrazione, dà l'ossigeno assorbito). Se necessario, la combustione del fosforo otterrà poi completa eliminazione dell'aria vitale. Il rimanente viene quindi lavato con acqua di calce (che calcola il gas acido carbonico) e torna infine all'apparecchio, dove il livello dovrebbe raggiungere i canonici 20 gradi oppure dare, per differenza positiva o negativa, la quantità d'azoto consumata o prodotta dagli animali rispetto alle 80 parti centesime costitutive dell'aria comune. Nel procedimento narrato Spallanzani moltiplica con molta evidenza quanto in laboratorio aveva invece cercato regolarmente di ridurre, cioè il numero dei passaggi del gas fra i dispositivi, tutti potenzialmente inquinanti, e all'uso del mercurio è inoltre conferita un'esclusiva che esso non ha avuto. Tra l'efficacia della semplificazione e la complessità del rigore, l'autore sceglie insomma la prima, avendo invece largamente praticato la seconda, che infatti aveva rappresentato la forza vincente del *Chimico esame*.

Esposto il "metodo novello", il saggio ne riferisce l'applicazione in "otto tentativi",¹¹⁶ numero che ovviamente nulla ha a che fare con la realtà dei fatti, ma risponde alle regole basilari della scrittura scientifica di cui Spallanzani è maestro. È poco interessante quanto l'autore ricava dai test. Lo è invece massimamente la scelta accorta delle parole:

Per questi otto tentativi si raccoglie primamente il *costante* distruggimento del gaz ossigeno dalle lumache; secondo, il *costante* producimento del gaz acido carbonico; terzo, in sette tentativi, la distruzione *più o meno* dell'azoto.¹¹⁷

La scomparsa dell'azoto non appartiene dunque alla totalità dei casi (sette su otto), avviene "più o meno" e ha quindi uno statuto epistemologico altro rispetto alla distruzione dell'ossigeno e alla produzione dell'aria fissa, che appartengono al "costante" nel modo pieno che la ripetizione sottolinea con forza. Se la distruzione dell'azoto ha un (parziale) riscontro sperimentale, il fenomeno del suo accrescimento è di seguito presentato per contro come pre-giudizio 'libresco': esso è per Spallanzani la "credenza"¹¹⁸ iniziale, generata dalla lettura degli esperimenti di Jurine, prima che il biologo abbia avuto modo di allestire i propri. Quelle dello scienziato svizzero sono esperienze "bellissime"¹¹⁹ ed esposte in una memoria addirittura premiata dalla Società di Medicina di Parigi – sottolinea l'autore, che non l'ha letta e non la leggerà mai. Nel laboratorio italiano avviene però "tutto il contrario",¹²⁰ ma non sono i dati sperimentali a reggere la

116. *Ibid.*, p. 1285.

117. *Ibid.* – corsivi nostri.

118. *Ibid.*

119. *Ibid.*

120. *Ibid.*

contestazione. È piuttosto la “riflessione” sull'impossibilità di generalizzare il meccanismo della respirazione: troppo difforni sono i casi della specie umana (considerata da Jurine) e quelli degli “ultimi anelli della catena animale”,¹²¹ oggetto di studio del biologo. L'enigma chimico si scioglie (apparentemente) in una questione di diversità fisiologica, ma nel manoscritto è alla fine barrato l'intero paragrafo nel quale si discutono i risultati svizzeri ed esso infatti non compare nella versione a stampa.

I dati vengono compattati e finanche elaborati in forma sinottica, trasformando in situazioni di accettabile stabilità fenomeni già constatati *ad abundantiam* per irregolari (la decomposizione post mortem che genera azoto, i gusci che lo producono, il digiuno e l'alimentazione che – si afferma ora – non intaccano i valori). Ma la scrittura non regge l'acrobazia e Spallanzani sfuma e distingue. Torna il paragone, che s'è visto pure nelle bozze precedenti, fra distruzione d'ossigeno e distruzione d'azoto e torna insistentemente – contro ogni opportunità retorica – il ‘tarlo’ dell'irregolarità. Nell’“ammasso immenso”¹²² delle osservazioni registrate, le esperienze con esito di assorbimento sono di gran lunga le più numerose, ma si danno anche casi di produzione d'azoto, certo minoritari e però persistenti. Il ‘buon metodo’ è insomma esaltato nell'eccezionalità dell'apparato sperimentale – l’“ammasso immenso” – ma ancor più nella capacità di individuare, all'interno dei persistenti risultati in controtendenza, la variazione *inaccettabile*. Spallanzani non sa spiegare il perché del surplus azotico, ma sa che si tratta di “anomalia”.¹²³ Dissocia quindi, in modo assai ardito, spiegazione causale (al momento inarrivabile) e sicurezza della norma. Ma l'audacia appare presto spavalderia eccessiva, la mano cancella e l'autore tenta una strategia comunicativa meno arrischiata. Il “non saprei con sicurezza assegnare la cagione” si rovescia in “forse non crederei d'esser lungi dal potere assegnare cosiffatta anomalia”.¹²⁴ Ma di nuovo Spallanzani scrive e barra, fatica insomma a trovare moduli espressivi adeguati per esprimere ciò che può essere solo ipotesi e quindi territorio in genere poco amato. Ne esce una scrittura parecchio pasticciata che, fra correzioni e aggiunte, risolve la produzione d'azoto in epifenomeno della nutrizione e della decomposizione: nel primo caso si suppongono esalazioni provenienti dall'azoto sovrabbondante nei cibi; nel secondo il gas sfugge dallo sfacelo della macchina animale.¹²⁵ E a quest'ultima versione si atterrano gli editori delle memorie postume,¹²⁶ senza aggiungere altro alla *vexata quaestio* azotica.

Terminata la redazione dei “transunti”, e già durante la composizione delle memorie, lo scienziato invero non resiste al magnete del laboratorio e, a pochi

121. *Ibid.*

122. *Ibid.*, p. 1305.

123. *Ibid.*

124. *Ibid.*

125. *Ibid.* Cfr. anche la seconda memoria, nella quale la produzione d'azoto post mortem è ascritta senza incertezze alla “putrida fermentazione” (*ibid.*, p. 1327).

126. Spallanzani, *Memorie su la respirazione*, cit., p. 109.

mesi dalla morte, si rituffa nella sperimentazione. Spallanzani è di nuovo alle prese con insetti, rane e salamandre, gamberi, uccelli e soprattutto pesci di varie specie: il diario testimonia anzi un'autentica esplosione di entusiasmo naturalistico. Ma ormai è assolutamente episodico il riferimento all'azoto prodotto, o forse (di nuovo) solo apparentemente aumentato, a causa della solubilità in acqua del gas acido carbonico.

Più si avvicina il momento di riprendere la scena della comunicazione pubblica, e meno lo scienziato è disposto a lasciare la presa. Se già a metà dell'inchiesta sulla respirazione i fondamentali per una nuova 'biochimica' sono di fatto disponibili, tutto, sino alla fine, mantiene ostinatamente quel margine d'incertezza che non vieta la compilazione delle bozze dei saggi, ma rende impossibile troncare la frequentazione di rane depolmonate, uccelli spennati e carni putrefatte. Lo scienziato è risospinto in laboratorio ogni qual volta tenta di uscirne e adempiere all'impegno (che ha preso con se stesso) per la scrittura del trattato. È vittima dell'insoddisfazione sottile che ha già conosciuto nei (rari) casi in cui ha programmato quella forma comunicativa e se n'è ritratto, tornando al saggio breve o non pubblicando affatto.¹²⁷ Per come Spallanzani lo conosce, nel trattato bisogna riunire e bilanciare i risultati delle esperienze personali con ciò che il biologo non ha mai amato: l'ostensione dell'erudizione e la completezza dei riferimenti storici. Per di più, Spallanzani sa molto bene di non possedere affatto il canone generalissimo degli scambi gassosi che avvengono in vita e in morte. Ma ha l'ambizione di afferrarlo, domando la sua "immensa collezione di fatti",¹²⁸ così come ha l'audacia di considerarsi in grado di rimodellare la forma narrativa, avendone rivoluzionato i contenuti. Il circolo è vizioso ed è ciò che probabilmente alimenta sino alla fine l'inevitabile frenesia sperimentale.

Beninteso: la non univocità degli elementi raccolti connota l'inchiesta sulla respirazione come molte altre seguite dall'autore – si pensi, per esempio, a quella notissima sulla generazione degli animali. Ma nel caso presente Spallanzani non riesce a 'staccare' e ciò avviene perché aspira a una completezza che, qui come altrove, i risultati non raggiungono, ma che altrove la scrittura monografica aveva agevolmente conseguito. Lo scienziato subisce lo scacco: cerca e non trova criteri che selezionino la norma, isolino l'inessenziale e contemporaneamente siano congruenti con la tipologia del grande trattato. E viene travolto da una doppia combinazione: da un lato, un tale e tanto patrimonio di conoscenza, sezionato minutamente per ogni parte, dall'altro, il progetto maledetto di una modalità comunicativa che ne sia all'altezza e che invece sperde e blocca, enfatizzando l'incapacità di fondo (o l'impossibilità) a ricomporre i frammenti, come deve essere nello stile richiesto. Con le tre memorie, Spallanzani torna da ultimo al modulo narrativo del saggio breve, ampiamente rodato, ma qualcosa s'è rotto in modo irreparabile.

127. Cfr. Monti, *Spallanzani e le rigenerazioni animali*, cit., *passim*.

128. Così la definisce Senebier nella "préface" a Spallanzani, *Rapports de l'air*, cit., vol. I, p. VIII.

Ben diverso è il caso specifico della battaglia con l'azoto prodotto o consumato. Qui il biologo non cerca canoni generalissimi, ma neppure trova quello che altrove era sempre riuscito a individuare, vale a dire criteri che selezionino le variazioni accettabili e quindi isolino l'inessenziale. E infatti non programma e non tenta neppure quella scrittura monografica che abbozza per i casi della respirazione. Ancora il 3 febbraio 1799 chiude in azoto due gusci d'uovo, il giorno dopo ha il tempo di annotare che essi "non hanno prodotto niente di [aria] fissa",¹²⁹ ma su queste parole l'appunto è interrotto dalla malattia che chiude brutalmente le indagini e uccide in una settimana. Spallanzani muore l'11 febbraio, a otto giorni dall'ultimo passaggio in laboratorio e lascia i due gusci confinati in azoto, simbolo perfetto del tempo che manca, della ricerca sospesa e della norma inafferrabile.

129. Spallanzani, *I manoscritti sul "chiuso"*, cit., t. IV, p. 1265.

RI-EPILOGO

1. Questo libro ha narrato *storie* di luce e combustione rileggendo la *storia* dalla parte dell'azoto e usando il fosforo come una sorta di reattivo ideale. Prima, e soprattutto dopo il 'caso Götting', una molteplicità di posizioni si è rivelata all'interno dello stesso 'partito dell'ossigeno', per il quale le novità azotiche sono tutt'altro che irrilevanti. Pluralità di voci si è evidenziata inoltre nell'ambito tedesco, tant'è che proprio in Germania la 'chimica della luce' subisce la prima seria contestazione sperimentale. E finalmente è emerso il contributo decisivo di un 'biologo' d'eccezione, che arriva alla chimica in generale, e all'azoto in particolare, in modo a dir poco fortunoso. Il racconto degli eventi sfugge a una conclusione che fissi e normalizzi, ma un riepilogo dei percorsi può ora essere utile per esaltarne complessità e varietà.

Per Lavoisier – si tratti delle pagine degli *Opuscles* (1774), della sintesi del *Traité* (1789) o dei *mémoires* monografici – all'inerzia dell'azoto non corrisponde affatto una sua invisibilità concettuale. Il magnete che calamita l'attenzione è notoriamente quel 20% dell'atmosfera che si determina in modo sempre più preciso sino alla definizione di ossigeno. Tuttavia, al cono di luce che lo illumina, sul palcoscenico della *chimie nouvelle* corrisponde uno spazio oscuro troppo ingombrante per essere trascurato. Il mezzo è puramente passivo, ma inizia a distinguersi dalle altre componenti mefitiche dell'aria e a consolidare la propria fisionomia ben prima di conquistare la denominazione univoca.

Gli esperimenti sulla respirazione condotti da Lavoisier delineano l'azoto quale gas non solo inerte, ma addirittura indifferente. Eppure, la scoperta della sua sostituibilità con qualunque altro fluido elastico non irritante è ben lungi dal chiudere la partita. Bisogna innanzi tutto lavorare sulle tecnologie, per garantire al gas la purezza che la nuova chimica pretende e che nessun reattivo e nessuna procedura sembra in grado di conseguire. Nel *Traité* Lavoisier passa in rassegna i protocolli di produzione dell'azoto e ne tace le criticità ormai note, ma ha ben chiara la sua presenza come fattore d'inquinamento nelle varie metodiche che separano l'ossigeno dall'aria comune. Si procede quindi in modo speculare, ma

il risultato non cambia. Di certo, dividere con precisione le due principali componenti dell'atmosfera, *mantenendole tuttavia entrambe*, resta un miraggio. "L'azoto merita oggi tutta l'attenzione dei chimici" – scrive Fourcroy nel 1789 – "occuparsene è importantissimo per l'avanzamento della scienza", quanto realisticamente scoraggianti sono i risultati ottenuti con le procedure correnti. E, per di più, azoto pare generarsi anche dove il sistema francese lo esclude in modo radicale.

Le esperienze del medico Jurine, compiute alla fine degli anni Ottanta e pubblicate ben più tardi, scompigliano i giochi e sembrano dimostrare che l'aria fissa non è il solo prodotto della respirazione. Viene infatti espirato anche un fluido elastico non solubile in acqua e inerte ai test consueti. L'autore, personaggio ancora non poco impigliato nelle parole e nei concetti flogisticistici, non ne conclude in realtà quanto parrebbe inevitabile concludere, cioè l'aumento della percentuale azotica. Jurine scrive piuttosto di aria supersaturata di flogisto e gioca sull'ambiguità del vecchio termine di mofetta, col quale indica pure gas tutt'altro che inerti. Ma per il dibattito coevo la semplificazione scatta in automatico.

I risultati del medico svizzero circolano in anteprima attraverso la sintesi proposta nell'articolo "Air" dell'*Encyclopédie méthodique* (1787), che li traduce nella terminologia della nuova chimica e costruisce quanto Jurine non ha mai sostenuto, ma per cui sarà poi generalmente ricordato, cioè appunto l'aumento dell'azoto a seguito dell'atto respiratorio. In quest'ultimo – scrive l'estensore della voce – l'aria vitale forma dapprima gas acido carbonico e poi surplus d'azoto. Ma non solo. Le osservazioni di Jurine sembrano indicare che, appartenendo entrambi i fluidi elastici al lato 'produttivo' della respirazione, la base dell'ossigeno possa entrare nella formazione dell'uno come dell'altro, magari in proporzioni differenti e combinazioni particolari. Venendo da un personaggio che simpatizza per la *chimie nouvelle*, la conclusione è a dir poco inquietante.

In fermento è l'intera comunità lavoisieriana che argomenta, ribadisce e articola, oppure *bandisce* l'azoto – come accade nel *Traité*. Il gas, indifferente e inerte, diventa infatti la variabile che complica e devia: essa è quindi da escludere senz'altro. Ecco le esperienze di combustione del fosforo non più in aria comune, ma in puro ossigeno. Della combinazione con l'azoto si dirà solo per quanto determina anomalie, cioè ritarda e impedisce. La combustione infatti comporta e richiede esclusivamente la presenza di ossigeno e di un corpo con il quale quest'ultimo abbia maggior affinità che con il proprio calorico. Avviato il processo, sarà il calorico sprigionato che lo manterrà. La fiamma tuttavia non è solo calore. Per formare ossigeno – aveva infatti già avanzato Berthollet – è necessaria la luce: il "calore oscuro" non basta e la luce potrebbe essere uno dei principi costituenti della stessa aria vitale – azzarda lo stesso Lavoisier, che però non dà seguito alla cosa. Per contro, il fosforo brucia anche in aria comune, ma la sproporzione che alla fine si determina fra azoto e ossigeno spegne

la reazione già dopo un assorbimento pari, al massimo, a un quinto del volume gassoso. Insomma: l'azoto è inerte, ma – di nuovo – agisce ed è impossibile sottovalutarlo.

A partire dall'intersezione di chimica e 'biochimica' quale si realizza nell'analisi eudiometrica del fluido espirato, il fosforo si conferma come reattivo d'elezione. È l'eudiometro a fosforo che rompe in modo consapevole e dichiarato con l'eudiometria flogististica e, nelle mani di Séguin (1791), importa poco l'incerta fattibilità del dispositivo. Importa molto di più, anche bypassando i noti limiti analitici del minerale, la sua congruità rispetto ai principi della *chimie nouvelle*. I due corni della questione (ben fondato teorico e tecnicità) si bilanciano finalmente nella limpida descrizione fornita da Giobert (1793) per uno strumento che rappresenta il salto di qualità. Il chimico piemontese è molto esplicito sul cosa si richieda a un 'buon' eudiometro: deve assorbire completamente e facilmente tutto l'ossigeno, non intaccare né l'azoto né gli altri gas eventualmente presenti e non aggiungere nulla al residuo. E invece la maggior parte dei reattivi non risponde in modo soddisfacente alla bisogna: impossibile da standardizzare l'aria nitrosa di Priestley, impuro di carbonio l'idrogeno di Volta, inaffidabili i solfuri alcalini di Scheele. Resta il fosforo, e su misura del fosforo Giobert racconta di aver progettato e realizzato lo strumento, conoscendo benissimo e dettagliando finanche le criticità costituzionali del minerale, sulle quali però semplicità costruttiva del dispositivo, facilità d'uso e assenza di valide alternative fanno certamente premio.

Il favore che i lavoisieriani rinnovano al fosforo non viene – almeno *apertis verbis* – dalla potenza luminosa della sua reattività (che infatti non appartiene al quantificabile). Alla centralità della luce guarda invece una direttrice importante della chimica tedesca – e non solo per il recupero di prospettive flogististiche che essa sembra rendere possibile. Richter (1793) coglie il punto: ci sono corpi che bruciano con produzione di fiamma e altri che emettono solo luce. E questo è ciò che i lavoisieriani, considerando quest'ultima nient'altro che calore modificato, non spiegano e non possono spiegare. La non identità di materia della luce e materia del calore non solo sostiene una teoria flogististica riformata, ma apre la via alla possibilità della combustione senza luce e della luce senza calore, cioè al riconoscimento di nuove forme di reattività nel gioco di ossigeno, fosforo e azoto.

Nella stessa direzione vanno i casi di combustione 'impossibile', eppure sperimentati dal gruppo di Deiman (1793). Essi ridanno voce a flogististi irriducibili e rappresentano una criticità grave non solo per il sistema francese, ma anche – come Richter coglie rapidamente (1794) – per i tentativi recenti di riforma della dottrina tradizionale in direzione sincreticamente sostenibile. A seguito degli esperimenti olandesi di combustione senza ossigeno, diventa insomma difficile sostenere che quest'ultimo ne sia condizione necessaria e sufficiente e non si debba prevedere un ruolo attivo anche per la sostanza che brucia. Dopo i processi di combustione/calcinazione in aria comune, è impossibile che

resti solo azoto. Ecco di nuovo sulla scena quella componente del metallo che il flogistista Gmelin (1795) definisce “altra e volatile” e che si libera con le note manifestazioni di luce, tanto più intense quanto più veloce è il processo. La *chimie nouvelle* dimostra l'affinità tra l'aria vitale e i corpi che bruciano, ma non spiega da dove provenga tale forza attrattiva. Essa si può riferire invece a un *Grundstoff* che, comune a tutte le sostanze combustibili, assume la condizione di fluido elastico (e quindi può essere emesso) solo combinandosi nel processo di combustione con calore, luce e acqua.

Gren va oltre (1794-1796) e corregge quello che indica come il neo maggiore della teoria lavoisieriana, vale a dire l'indifferenza, non più sostenibile, per i fenomeni della luce, quasi fossero superflui al sistema. Di fatto, assunzione e rilascio di *Lichtstoff* tornano a essere processi di flogisticazione e deflogisticazione e lo sprigionarsi di luce o fiamma si riconduce a un rapporto percentuale tra calorico e flogisto. La prospettiva sincretica adottata si sbilancia nel modo più evidente in direzione flogistica quando propone il recupero (concettuale e terminologico) di un tema profondamente antilavoisieriano quale l'origine del fuoco dalla combinazione di aria vitale e flogisto del corpo. La sinonimia proposta fra base della luce e *Brennstoff* sfuma invece l'alterità costituzionale tra fiamma e luce, da altri ripresa e fortemente marcata. Gren quindi non muta gli agenti dei fenomeni luminosi e tanto meno ruolo e costituzione dell'azoto. Lo saranno entrambi, e in modo radicale, per opera di Götting (1794), che costringerà lavoisieriani e antilavoisieriani a riprovare tutti i punti fermi – di sapere e saper fare – dati per acquisiti negli ultimi dieci anni.

2. Oggetto precipuo del contendere è la luce emessa dal fosforo in combustione. Se essa è mero epifenomeno, il fosforo deve risplendere solo in ossigeno, ormai universalmente inteso come l'unico fluido elastico che consente il processo. Non certo in azoto. Ma ciò è proprio quanto accade nelle serie sperimentali allestite da Götting. Questa luce (che si manifesta senza calore) non è combustione, appare in azoto, eppure acidifica il fosforo e costringe a separare definitivamente *Lichtstoff* e *Wärmestoff*, nonché a riconsiderare *ab imis* la natura dell'azoto. È appunto su quest'ultimo che Götting costruisce una teoria pneumatica e una nomenclatura alternative e al tempo stesso debitorie nei confronti di entrambi i sistemi in campo.

In azoto la reazione luminosa è vivace, costante e regolare a ogni temperatura. Ma non solo. Il fosforo riluce in ossigeno solo se quest'ultimo ne è contaminato. Götting non è un dilettante e naturalmente anticipa l'obiezione più ovvia: l'azoto potrebbe consentire la reazione solo quando è inquinato da aria comune, che penetra nei contenitori a seguito delle numerose manovre richieste dalla sua produzione. Le procedure sono perciò riprese e variate, ma ecco che i bagliori appaiono non particolarmente vivaci in aria atmosferica, risultano più tardi e deboli nelle miscele dove si accresce la percentuale di ossigeno e decisamente nulli in pura aria vitale (a meno di non aumentare drasticamente la tempera-

tura). Per contro, luce brillante e abbondanti vapori acidi si osservano sempre nel fosforo contenuto in quello che Götting assicura essere puro azoto e che risulta protagonista della dissociazione fra combustione, produzione di luce e generazione di acido. La luce in azoto non comporta infatti alcuna liberazione di calorico e il fenomeno luminoso è quindi generalmente possibile anche in gas che non reggono la combustione. A questo punto l'architettura della nuova teoria segue da sé.

Non si produce solo luce, ma anche fiamma quando *Lichtstoff*, che entra nella composizione di tutti i corpi combustibili e calcinabili, si unisce per affinità a *Feuerstoff* – come infatti Götting ridenomina il calorico. Di quest'ultimo è massima fonte l'ossigeno, che non contiene *Lichtstoff*, ma a *Feuerstoff* unisce la base acida lavoisieriana. *Lichtstoffluft* sarà invece il nome nuovo e corretto per ciò che sinora si è chiamato azoto e che è composto di *Lichtstoff* e della stessa base dell'ossigeno. In esso il legame tra i componenti del fosforo si scinde: *Phosphorstoff* assume la base acida del gas e si combina in acido fosforico; contestuale, e rivelata dagli appariscenti fenomeni luminosi, è quindi la liberazione di *Lichtstoff* da parte sia del fosforo sia dell'azoto. Si intende inoltre perché il minerale luccichi bene anche in aria atmosferica, che è azoto per parte largamente maggioritaria. Poiché in tal caso viene liberato pure *Feuerstoff* (dalla componente ossigena), quanto accade può essere definito una debole, ma effettiva combustione. Si spiega parimenti perché in aria comune, dove l'ossigeno è presente solo in una piccola percentuale, il fosforo non bruci se la temperatura non è adeguatamente aumentata. In ossigeno, e alla temperatura della combustione, *Feuerstoff* del gas e *Lichtstoff* del fosforo danno fiamma e luce, mentre la base acida si combina con *Phosphorstoff* in acido fosforico. Poiché quest'ultimo passaggio avviene anche in puro azoto, il termine ossigeno per Götting è equivoco: molto più conveniente sarà la denominazione di *Feuerstoffluft*, che individua il gas in modo univoco – almeno per quanto è possibile farlo nel caso di un fluido elastico assai instabile, che gli esperimenti mostrano addirittura capace di tramutarsi in azoto per azione della luce.

Nell'ossigeno tenuto al buio il fosforo non dà alcun bagliore, ma basta esporre il gas al sole perché assuma *Lichtstoff* e quindi il reattivo vaporizzi e s'incendi. Il nuovo protagonismo della luce introduce in tal modo il più inquietante fra gli aspetti di rottura della pneumatica di Götting. Per la chimica nuova, infatti, le sostanze si compongono e si scompongono, ma solo nei sistemi tradizionali esse si trasformano in altro per opera di agenti del mutamento. E questo è precisamente ciò che accade. Il professore di Jena attribuisce invero quella metamorfosi ad affinità tra *Stoffe*, ma di fatto questi ultimi si uniscono e si dividono in forza di rapporti di attrazione oggettivamente inverificabili. I loro giochi si producono per una molteplicità di casi che i lavoisieriani avrebbero piuttosto definito (e definiranno) situazioni eclatanti di inavvertenza sperimentale, cioè di inquinamento dei gas a opera dell'aria atmosferica. Ma da questo

punto di vista il sistema di Götting è assai più compiacente: la teoria anticipa e impronta di sé la procedura di verifica sperimentale in una circolarità che produce inevitabilmente esiti conformi alle attese.

A partire dal 1795, gli interventi su fosforo e azoto compaiono numerosi sulle pagine delle riviste tedesche e proprio il primo numero del “*Neues Journal der Physik*” apre con un nuovo intervento di Götting, che in realtà non modifica i protocolli sperimentali, ma li porta al limite, aumentando i tempi della combustione del fosforo in aria comune. Il gas residuo ha tutte le caratteristiche dell'azoto, ma il minerale non vi riluce. La maggior avvertenza sperimentale pare dunque decidere a favore del partito lavoisieriano, ma l'inerzia in questo caso si associa a un ‘dettaglio’ rilevante. Il gas manifesta infatti un penetrante odore di fosforo, che offre la via di fuga. La combustione prolungata e il calore conseguente – ne conclude Götting – hanno determinato la combinazione di fosforo e azoto in “azoto fosforico”, che del fosforo assume l'odore, perdendo però la capacità di farlo brillare. Si tratta dunque di gas inquinato, che bisogna decontaminare. E infatti gocce di acido (nitroso o cloridrico sovraossigenato) conseguono lo scopo. Il gas non sostiene la combustione, non reagisce all'aria nitrosa, ha finalmente tutte le caratteristiche dell'azoto puro e *infatti* in esso il minerale torna a risplendere.

La reazione a un certo punto comunque si spegne e apre il dibattito sulle cause della sua conclusione: forse quindi non l'esaurirsi dell'ossigeno, ma la “crosta” che avvolge il fosforo e con la quale si trovano presto a combattere tutte le posizioni in gioco – ora per liberarne il reattivo, ora per dimostrarne l'inefficacia. Invero, fra gli autori tedeschi poche sono le novità rispetto all'apparato di Götting. Interessante è però il contributo di Lampadius (1795) che pone e fronteggia l'obiezione sin lì non considerata: la base acida potrebbe infatti essere estranea alla composizione dell'azoto, preesistere piuttosto nel fosforo ed esserne liberata durante la reazione. Non resta che ripetere le manovre nel vuoto, dove in effetti non accade nulla ed è invece sufficiente l'immissione di una piccola bolla di ‘puro’ azoto perché dal fosforo emanino intense nuvole luminose. L'evento sembra dirimente e spianare la strada al passo successivo, vale a dire realizzare la completa scomposizione dell'azoto (come avviene con l'ossigeno in combustione) e farlo il più rapidamente possibile, usando cioè una notevole quantità di minerale per una piccolo volume di fluido elastico. Invece, e con grande sconcerto di Lampadius, ben lungi dall'ottenere l'acidificazione del fosforo e la totale scomparsa del gas, né luce né vapori si verificano. Si cerca la variabile procedurale che faccia la differenza: forse il passaggio attraverso l'acqua, che però non spegne i bagliori se l'ambiente è d'aria atmosferica. La soluzione è a un passo, che Lampadius non fa. Intuisce che l'azoto potrebbe contaminarsi finanche per opera dell’“aria nell'acqua”, ma sospende il giudizio e lascia al lettore dati impossibili da normalizzare: a meno di far implodere la teoria pneumatica condivisa con Götting.

La situazione è dunque molto più variegata di quanto lascino intendere i tentativi (anche autorevoli, come quello messo in atto da Gren) di far emergere

la vocazione sincretica del *Beytrag* fra nuova chimica e teoria flogististica. Il dibattito tedesco si sviluppa in modo assai vivace, ma non nella direzione auspicata dal professore di Jena. Tedesca sarà infatti la prima contestazione sperimentalmente fondata (1795) ad opera di tre giovani intellettuali, poco più che ventenni – Pfaff, Scherer e Jäger – esponenti di una generazione che conosce bene la *chimie nouvelle*, ma non è di prima formazione chimica e, forse proprio per questo, risulta meno impigliata nel ‘nazionalismo flogistico’ della realtà germanica. La complessa architettura costruita nel *Beytrag* è investita da una critica radicale che ne indica impietosamente fragilità di metodo e inavvertenze procedurali, pur scommettendo in fondo sulla possibilità di aderire con coerenza al sistema francese senza rinunciare a un programma di ricerca ben attento ai fenomeni luminosi.

Nuova è la prescrizione di norme puntuali per l’osservazione della luce; ben fondata è la preoccupazione per avvertenze che assicurino l’integrità del fosforo; decisiva è la purezza dei gas. La questione delle questioni è infatti se, col metodo di Götting, si ottenga davvero puro azoto e tre sono i momenti che celano le insidie peggiori di inquinamento: la produzione dei fluidi elastici, la scelta dei contenitori e l’introduzione del fosforo. In essi si decide la partita. Götting ha infatti avuto il grande merito di condurre per primo un’analisi comparativa delle reazioni del fosforo in azoto e in ossigeno, o quanto meno di farlo in modo che mai era stato così puntualmente e testardamente determinato. Ma Götting *non* ha misurato le variazioni dei volumi gassosi, *non* ha tenuto conto adeguato delle differenze di temperatura e pressione, *non* ha badato alle perdite di gas (inevitabili con strumenti di chiusura approssimativa) né alle penetrazioni d’aria comune (immaginabili nelle numerose manovre).

Scherer e Jäger focalizzano sull’azoto “atmosferaico”, cioè il gas che residua dopo la combustione del fosforo. Ad esso è intitolata infatti la loro opera d’esordio e ad esso è affidato il ribaltamento della pneumatica contestata. Tutto si gioca su quell’aggettivo, neutro solo in apparenza. Né il gas prodotto e testato dal professore né quello dei due giovani chimici può essere puro azoto, dato che nessun reattivo è in grado di liberare completamente l’aria comune dall’ossigeno. La faccenda è da tempo risaputa: una breccia importante nelle posizioni di Götting si delinea quindi prima ancora che l’attacco sia condotto sul fronte degli esiti sperimentali, dove per altro la contestazione presto si sposta. Si applicano gli stessi metodi e gli stessi strumenti del professore e si ottengono risultati opposti. Götting proclama quindi di aver prodotto puro azoto solo perché si rifugia in test analitici di nota imprecisione, quando metodi e strumenti richiedono invece correttivi importanti. Particolare attenzione va all’inquinamento da aria atmosferica (che si sviluppa precipuamente dall’acqua) e ai tempi della combustione, direttamente proporzionali alla purezza del gas (e non certo al suo inquinamento – come, in seconda battuta, aveva rilanciato Götting).

Al fluido elastico che resta dopo la reazione del fosforo in aria comune e in cui il minerale ancora risplende, va dunque riconosciuta una composizione

diversa rispetto a quella del puro azoto, al quale la capacità di attivare il fosforo manca del tutto. La nuova denominazione di “azoto atmosferico” deve sottolineare la differenza e segnalare la natura di un gas che è in realtà composto. Non l'azoto, ma questo *atmosphärisches Stickgas* contiene la base dell'ossigeno (e infatti risulta positivo al gas nitroso), benché in percentuale minore rispetto all'aria atmosferica (e infatti non riesce a innescare la combustione vera e propria, ma solo i noti bagliori). I fenomeni non terminano in forza di croste misteriose, ma quando la componente ossigena, e solo essa, è stata esaurita nella produzione di acido fosforico. Né gli eventi finiscono – come invece vuole Götting – per la supposta combinazione dell'azoto atmosferico con il fosforo, combinazione che non è dimostrata e ancor meno dimostrato è il fatto che in essa il minerale debba perdere la capacità di risplendere.

Jäger e Scherer non riconducono luce e fiamma a *Stoffe* diversi. La sola comparsa di bagliori, tipica dell'azoto atmosferico, non esclude infatti una (quasi insensibile) liberazione di calore. Götting la nega, ma – di nuovo – lo fa sulla scorta di un apparato sperimentale limitato e – accusa pesante – assai distratto circa le condizioni differenti in cui il termometro è utilizzato in azoto atmosferico e in aria comune.

3. In fermento è pure il contesto italiano, dove alcuni (Volta, per esempio) confermano a Götting il merito di aver riconosciuto una centralità della luce ignota sia alla chimica francese sia ai sistemi tradizionali; altri (Brugnatelli) condividono le ‘scoperte’ sulla nuova natura dell'azoto; altri ancora (Giobert) sospendono il giudizio in attesa di miglior conoscenza. Nessuno però allestisce apparati che reggano il confronto con le serie sperimentali di Jäger e Scherer, e neppure con l'apparato del professore di Jena. In Italia non sarà infatti tra i chimici professionali che la partita si gioca in modo decisivo. La notizia dell'opera di Götting arriva piuttosto a un lettore d'eccezione, quale il biologo Spallanzani che, giunto a ‘criticità azotiche’ sull'onda di indagini diverse, si mostra inizialmente non sfavorevole alla posizione tedesca, ma ne produce infine la contestazione sperimentale più limpida (1796), bruciando sui tempi la risposta ufficiale dei Francesi.

La passione di Spallanzani per la chimica segue in verità itinerari tutt'altro che lineari. Costretto a confrontarsi con i principi flogisticisti durante i suoi primi studi sulla respirazione (1777), lo scienziato ne aveva colto subito l'adeguatezza rispetto ai propri standard di metodo ed episteme e, non avendo in quel momento strumenti per far più e meglio, se n'era allontanato assai deluso. È piuttosto un'attività ‘di servizio’, cioè la direzione del Museo di Storia Naturale dell'università di Pavia, a indurlo successivamente allo studio della mineralogia e in particolare dei vulcani. Sono appunto questi ultimi a produrre il combustibile ideale che in Spallanzani trasforma il dovere accademico in entusiasmo per la terra incognita della chimica pneumatica. La passione s'accende durante il viaggio nelle Due Sicilie (1788) e prosegue per anni con un

lavoro intensissimo sui campioni lavici sottoposti al fuoco del fornello chimico, della fornace e alla fiamma dell'ossigeno. Da Senebier, amico e corrispondente, nonché personaggio di ben altra esperienza e competenza chimica, viene infatti l'interrogativo fondamentale: bisogna capire da dove proviene "il fuoco" responsabile della quantità prodigiosa di materia fusa che i vulcani eruttano. Ecco quindi l'idea di polverizzare la lava, sottoporla all'azione del calore estremo e attendere la liberazione eventuale di aria vitale o altro gas 'endogeno', che cioè non provenga da decomposizione dell'acqua o di acidi diversi. Spallanzani coglie al volo le potenzialità della proposta e si lancia in un vero programma di chimica pneumatica: il miraggio è isolare e analizzare fluidi elastici permanenti che, contenuti nei campioni e sprigionati dalla fiamma, spieghino la spinta all'eruzione. La ricerca, che procede in parallelo con l'adesione di Spallanzani alla chimica di Lavoisier, continua per anni, ostinata e sempre infruttuosa, dato che nessun apparecchio riesce a raccogliere il gas misterioso.

La caccia all'"aria delle lave" si interrompe solo nelle vacanze estive, occupate da escursioni sull'Appennino (1789-1793) per analizzare le esalazioni di fenomeni pseudo-vulcanici quali i "fuochi" e le "salse". Evidentemente suggestivi della presenza di arie infiammabili, essi riproducono le eruzioni maggiori, ma in modo ben più tranquillo: ciò che consente a Spallanzani di riprendere il punto centrale delle indagini vulcanologiche e di focalizzare l'indagine sulle emissioni gassose qui finalmente accessibili. Nel resoconto che lo scienziato ne farà a stampa, il programma prevede lo studio dell'idrogeno "naturale" e il confronto con quello "metallico" prodotto "dall'arte", con altri fluidi elastici da putrefazione di materie organiche e infine con l'"aria infiammabile delle paludi", discussa da Volta. L'opera pubblicata fissa e formalizza insomma l'immagine di Spallanzani già chimico professionale, capace di affrontare gas di natura incerta e di prodursi in manovre che rivelano notevole padronanza nell'uso di reagenti, apparecchi e tecniche di campionamento. I quaderni delle esplorazioni appenniniche documentano invece il forgiarsi del programma di ricerca, che cresce al crescere delle conoscenze, e il dilagare della passione per la chimica che, da ramo collaterale del primo interesse mineralogico, si autonomizza e s'impone con prepotenza. Ma non solo. Negli appunti il protagonismo delle arie infiammabili è presto messo in discussione dall'azoto che, dapprima, è la variabile insidiosa, difficile da accertare con sicurezza, separare e misurare precisamente, e diventa poi la componente importante di cui la sperimentazione cerca di parametrare l'effetto (dis)attivante su fiamma e scoppio.

La battaglia con l'azoto riprenderà per Spallanzani con una seconda e ultima inchiesta sulla respirazione, alla quale lo scienziato torna nel 1795 per chiudere il secolo con esiti di novità assoluta. Il biologo avanza infatti la sede della funzione respiratoria dai polmoni alla cute dell'animale vivo, dall'animale morto all'organo espantato, dal pezzo intatto alla parte cotta o trattata, dal tessuto integro alle fibre in decomposizione. La sua fisiologia si proietta in tal modo nella biochimica di un corpo disorganizzato, dove la respirazione, tradizionalmente

legata alla vita e a una struttura anatomica specifica, perde l'uno e l'altro riferimento, prosegue oltre la vita e largamente oltre l'organizzazione del corpo, fornendo però dati impossibili da normalizzare.

A tre mesi dall'inizio di questa nuova avventura, un fatto però si impone all'attenzione di Spallanzani e, per tipologia di problematicità, non appare remotissimo dalle combustioni 'impossibili' sperimentate dai chimici olandesi. Nel confinamento di taluni specimina si verifica in effetti un inatteso aumento del volume gassoso e si tratta verosimilmente di azoto. Spallanzani lavora sulle variabili, ma la cosa persiste e persiste nel modo più inquietante, cioè senza regola né costanza. Benché l'inesperienza della mano non sempre riesca a impedire l'inquinamento del gas in manovre e trasporti, si inizia a calcolare il sovrappiù e a confinare gli specimina anche in puro ossigeno (per non avere l'impaccio dell'azoto atmosferico). Ma la situazione non cambia. La produzione d'azoto ad opera di carcasse più o meno decomposte non pone problemi insormontabili, ma nel caso di bestiole vive la faccenda è preoccupante. Siamo in conflitto evidente con la teoria francese, che considera l'azoto gas inefficace per la combustione e quindi inerte al passaggio nei polmoni. Alla prova di ciò che inquieta Spallanzani, la nuova chimica non risponde e non spiega. Da un momento di sconcerto nasce dunque l'idea di confrontarsi con Götting e il notevole apparato sperimentale di quest'ultimo offre ottimo combustibile perché nel biologo scatti la scintilla che innesca una nuova stagione di ricerca.

Spallanzani ha – beninteso – il dubbio della contaminazione: anche in quello che si considera puro ossigeno una percentuale d'azoto potrebbe accidentalmente preesistere, piuttosto che essere generata dalla respirazione. Alle prime battute, la convergenza con Götting è tuttavia indubbia. Il fluido elastico residuo dopo la morte degli specimina è negativo al gas nitroso, non sostiene la combustione, non intorbida l'acqua di calce (quindi non contiene né ossigeno né aria fissa). Eppure in esso il fosforo riluce benissimo e il fatto prova anzi per Spallanzani che si tratta di azoto – appunto come vuole il professore di Jena. L'analisi dei gas mostra però con altrettanta evidenza che la formazione d'azoto avviene in modo assolutamente caotico e gli enigmi crescono al punto da interrompere l'indagine biologica. Non si può infatti decidere della reattività dell'azoto nella respirazione se non si dimostra con certezza la natura del misterioso sovrappiù. Non è possibile farlo se non si stabilisce l'affidabilità (o meno) del fosforo e quindi se non si dirime sperimentalmente la controversia fra Götting e i lavoisieriani.

A partire dal 25 giugno 1795 il lavoro di Spallanzani è a tempo pieno sulla reattività dei gas e lo scienziato si misura immediatamente proprio con l'aspetto più controverso della pneumatica di Götting, cioè la metamorfosi dell'ossigeno in azoto per azione della luce. Il biologo dissocia l'azione di quest'ultima da quella del calore e quindi, da subito, va oltre l'autore tedesco. In aria vitale, che è rimasta alla luce e che, secondo i soliti test, risulta "pregiudicata", ecco che il fosforo brilla a temperature impossibili per l'ossigeno intatto. Lo scienziato, in

verità, non arriva ad asserire francamente la mutazione in azoto, lavora piuttosto sulle numerose variabili (l'intensità della luce, la capienza degli eudiometri, le ore di esposizione) e i dati raccolti tornano presto all'incertezza.

Gli esperimenti proseguono in azoto, dove in effetti il fosforo resta spento sino a che pochi gradi di aria comune bastano per produrre luce infinitamente maggiore rispetto a ciò che si verifica agitando i dispositivi o travasando il gas. Né in questi casi sussiste quanto afferma Götting, cioè la salita contestuale del livello dell'acqua nell'eudiometro. Non avviene quindi alcuna combinazione del gas con il reattivo e non si osservano aumenti di temperatura (ma questo è in linea con la supposta dissociazione di luce e calore). Le esperienze sembrano indicare che in aria atmosferica la luminosità del fosforo diminuisce in ragione del consumo di aria vitale, ma – ragiona Spallanzani – la cosa potrebbe avvenire anche altrimenti. Bisogna fare i conti – come sta del resto facendo buona parte della comunità chimica – con la crosta che copre il minerale impedendo forse la reazione in azoto. Per Spallanzani l'evento in effetti è oggettivo, ma è sufficiente introdurre aria atmosferica perché il fosforo torni a risplendere: ciò che nessuna aggiunta di azoto riesce a ottenere. I pezzi del puzzle sono dunque, più o meno, tutti sul tavolo, ma l'autore ancora non sembra pronto ad assemblarli.

La svolta matura quando l'obiettivo della ricerca si sposta da ciò che accade 'sempre' (e che è ormai chiaramente inconseguibile) a ciò che accade 'regolarmente', al "costante" da individuare e separare dall'"accidentale". Il punto è dunque quantificare il concetto di precisione e stabilire il *range* della variazione accettabile, cioè quella che può verificarsi senza intaccare la norma. Costante *non* è la luce in azoto, che appartiene alla contingenza passeggera delle aggiunte e dei travasi. Costante *è* la luce che, nei tempi giusti, viene provocata dall'aggiunta di aria comune, tanto più intensa quanto maggiore è la presenza d'ossigeno e via via indebolita dalla sua diminuzione. Ciò che in azoto provoca (talvolta) la reazione luminosa è quindi l'accidente, finalmente collegato alla contaminazione, alla quale non si sfugge né con gli strumenti tedeschi né con l'eudiometro di Giobert.

La ricerca del costante impatta anche sull'efficacia della luce, che pareva accelerare i tempi e abbassare i gradi necessari per la reazione in ossigeno. Di fronte all'estrema irregolarità dei fenomeni altre cause devono piuttosto essere vagliate: in primis l'acqua sopra la quale il gas è conservato. Essa potrebbe vaporizzarsi, liberando componenti inquinanti che il dibattito contemporaneo ha largamente discusso e di cui invece sin qui Spallanzani non ha tenuto conto. Il biologo però recupera in fretta, sostituisce all'acqua il mercurio e all'azoto l'idrogeno, ma la situazione si ingarbuglia. Le variabili si moltiplicano e rischiano di perdere lo scienziato. Tradurre la chimica della luce in una chimica di pesi e volumi è fatica improba.

A questo punto Spallanzani realizza che le cose non funzionano perché ha sinora tentato di quantificare la *precisione*, quando la realtà inevitabile è quella

dell'*im*-precisione. Se è impossibile – come è impossibile – ottenere gas puri, bisogna piuttosto prendere coscienza dell'imperfezione, misurarla, riprodurla ad arte, ipertrofizzarla finanche, per dominarla. Ecco che lo scienziato inquina artificialmente l'*idrogeno* con una quantità data di aria vitale e il risultato ha l'effetto di una folgorazione. La luce nel fosforo è chiara, costante e persistente. Il 'buon metodo' genera insomma sia fluidi elastici "quasi puri" sia l'uso consapevole della contaminazione. È il mezzo grado di ossigeno ineliminabile che produce il poco fumo e la poca luce, entrambi di breve durata, di contro ai fenomeni molto più intensi verificati nei gas ottenuti con le tecnologie tradizionali e di conseguenza decisamente più contaminati. La coscienza dell'imperfezione inquadra infine le irregolarità. Per un verso, barlumi e sfumature luminose, ben lungi dall'infirmare le teorie francesi, diventano prova decisiva della proporzionalità fra reazione e impurezza da ossigeno. Per l'altro, i fenomeni in generale cessano perché la quantità dell'azoto eccede troppo quella dell'ossigeno.

In positivo o in negativo, tutto ruota dunque attorno all'inevitabilità dell'inquinamento, che Götting ha scambiato per reattività dell'azoto e inerzia dell'ossigeno, ed essa spiega pure perché a ogni travaso i bagliori riprendano. Nuove, sia pur minime, quantità di aria vitale aumentano infatti il residuo che, da solo, non riesce più ad essere attratto dal fosforo. Lo stesso accade quando si agita l'acqua o il mercurio, apparentemente per togliere al reattivo la nota umidità acida. In tal caso si pretende di riattivare l'azione del gas sul minerale, ma in realtà l'azoto non *diventa* inerte perché inquinato dal fosforo, né il fosforo si spegne perché la crosta impedisce il contatto con il fluido elastico. Finalmente Spallanzani conclude ciò che invero non ha mai avuto la possibilità di esperire in modo diretto, vale a dire la costituzionale inettitudine del 'puro' azoto alla combustione del fosforo. Beninteso: anche nel prosieguo, le medesime tecnologie di produzione e raccolta continueranno irregolarmente a fornire risultati diversi e quindi a spiegare i periodici cedimenti di Spallanzani ad aspetti diversi della dottrina di Götting. Cedimenti che non mancheranno sino alla fine dell'avventura con la chimica.

Ora però la partita sembra conclusa e, a partire dal febbraio 1796, continuità e intensità dell'inchiesta chimica iniziano ad accusare colpi e il biologo torna alle esperienze sulla respirazione e al surplus di azoto da cui tutto ha preso avvio. Contestualmente compila un saggio nel quale accusa Götting di imperizia sperimentale e lo contesta con limpida fermezza lavoisieriana. Un elemento di convergenza con il collega di Jena resiste in verità nell'ammissione del "vizio" che l'ossigeno contrae per azione della luce. Ma Spallanzani è biologo, bypassa per alterità d'approccio i fondamenti teorici del sistema tedesco e probabilmente non coglie che quella controversa mutazione costituisce l'aspetto più insidiosamente antilavoisieriano della teoria.

Dopo la pubblicazione dell'articolo, la ricerca chimica riprende con regolarità ed è pressoché interamente dedicata proprio alla misteriosa efficacia della luce. Spallanzani si lancia anzi in ciò che sinora non ha mai osato – l'ossigeno

non degenera, ma proprio si metamorfizza in azoto – ma presto il tarlo del dubbio s’instaura. Forse per effetto delle serie sperimentali allestite, forse al seguito di conversazioni intrattenute con Berthollet in visita in Italia, lo scienziato cambia finalmente il modulo sperimentale e applica al contesto nuovo un dispositivo che non lo è affatto. Predisporre set di bottigliette a tappo smerigliato (per impedire ogni ingresso all’aria e all’acqua) e le colloca rispettivamente alla viva luce del sole e al caldo senza luce. Avvia, non senza problemi, la nuova serie sperimentale e gli esiti sono incerti. Ciò nonostante, tra la fine di luglio e la metà di agosto 1796, si mette alla scrivania e stende una minuta di quello che diventerà il maggior contributo alla distruzione della pneumatica tedesca. Resta però e anzi si radicalizza il punto ultimo di accordo con Göttling: bastano 240 ore di luce perché si trasformino in azoto tutti i 20 gradi dell’ossigeno atmosferico, vale a dire persino i centesimi che il fosforo non è mai riuscito ad assorbire, quasi che la luce sia più potente di ogni reattivo. Bisogna quindi capire cosa accade dopo quella prima stesura, cioè fra la ripresa della sperimentazione (17 agosto 1796) e la consegna in tipografia del *Chimico esame* con la stroncatura completa delle tesi di Göttling.

Già dal primo giorno di lavoro, ossigeno rimasto alla luce per una quantità ormai impressionante di ore risulta pressoché intatto. Rispetto ai valori normali, gli scostamenti sono giudicati irrilevanti, probabilmente accidentali e quindi ascritti al novero delle variazioni accettabili. L’ipertrofizzazione della metodica non sarà tuttavia decisiva. Ciò che induce ad archiviare il passato senza esitazioni è un *unico* caso perfetto (5 settembre 1796), che annulla il disordine della bulimia sperimentale. In esso le consapute bottigliette fanno il loro lavoro con ossigeno lasciato alla luce per un tempo di tutto rispetto, ma certo non paragonabile agli estremi precedenti. All’analisi eudiometrica, il gas si rivela identico al campione di controllo, i risultati sono finalmente quelli attesi e Spallanzani può dedicarsi alla redazione finale del saggio, che distrugge impietosamente tutte le tesi di Göttling.

Per Spallanzani il collega di Jena non ha saputo gestire in modo adeguato il concetto di precisione, cioè non ha colto le variazioni ‘inaccettabili’, né è riuscito a separare l’accidentale dal costante. Per un professionista, gli errori sono gravi, perché sono errori di metodo e di logica, ai quali si aggiungono le insufficienze delle tecnologie di produzione dei gas e in primis dell’azoto che, in realtà, non è mai purissimo, ma – *se in mani adeguate* – è sempre di perfetta gestibilità. A Göttling non si chiedono *revirements* di teoria. Basterà che il professore tedesco riprenda tutto, con la prudenza e l’attenzione che sin qui non ha usato, e non mancherà di avere gli stessi risultati ottenuti nel laboratorio pavese. Il presente di Göttling è insomma il passato che il biologo si è lasciato alle spalle e l’attuale superiorità rivendicata da Spallanzani è la superiorità del metodo – al netto della stessa orgogliosa rivendicazione dei meriti personali.

Nello stesso turno di tempo Göttling interviene, ma non precisamente nella direzione auspicata da Spallanzani. In contributi minori, il chimico tedesco si

arrocca, puntualizza dettagli, rinuncia alla terminologia originale e alla teoria della metamorfosi dell'ossigeno in azoto, ma annuncia un secondo tomo della propria opera dove ci sarà spazio per esperienze ulteriori e il consolidamento delle prove.

4. Nel 1796 Spallanzani non è ovviamente il solo che si misuri con fosforo e azoto. Molti riprendono i casi della combustione proprio sull'onda delle provocazioni di Götting, le cui tesi sono metabolizzate, variate e per lo più contestate – a prescindere dallo stesso schieramento lavoisieriano. Interviene Richter, che di nuovo rifiuta la distinzione fra luce e combustione e considera tale la stessa dissoluzione del fosforo in azoto, ma acquisisce non poco dalla dottrina di Götting (inclusa la metamorfosi dell'ossigeno in azoto). La chimica della luce si dimostra quindi convergente con la tradizione flogistica riformata probabilmente più di quanto il professore di Jena sia disposto a riconoscere. Il punto, per Richter, non è comunque contestare al collega la fragilità procedurale. Ciò che a suo avviso fa la differenza è piuttosto l'inquadramento degli eventi in termini flogometrici: non esiste prospettiva più diversa da quella esclusivamente e consapevolmente sperimentale praticata da Spallanzani.

Il sistema di Götting appare ben altrimenti pericoloso a Gren (1797), che ne trae stimolo per riprendere e affinare il suo tentativo di sintesi tra flogisto e *chimie nouvelle*. Temperature insufficienti possono rendere la combustione così debole e lenta da ridurla a manifestazione luminosa rilevabile solo al buio (in aria comune) o non rilevabile affatto – come accade in ossigeno. In quest'ultimo caso, perché il fenomeno si renda percepibile, è necessaria l'unione con l'azoto – come ha notato Götting. Certo: se il fosforo vi riluce, ciò è solo segno della sua impurezza e di quell'inavvertenza sperimentale che il collega non riconosce. Contemporaneamente però anche per Gren la luce in azoto diventa caso classico dove l'unione di due sostanze combustibili (fosforo e azoto) aumenta l'attrazione per l'ossigeno e diminuisce quella per il flogisto, che quindi si rende libero.

Diverso è l'approccio di Hildebrandt (1796), che fa tesoro del lavoro di Scherer e Jäger e, con particolare attenzione al problema della corruzione dei gas, dispiega un apparato sperimentale più che notevole. Egli propone modalità differenti per la produzione dell'azoto, ma soprattutto rovescia il percorso 'normale' e si pone il problema di cosa *spenga* la reazione che sembra avvenire anche nel gas mefitico: se si tratti dell'azione inquinante dell'acqua, dell'acido che copre il reattivo o della modificazione del fluido elastico a opera della combustione prolungata. Si sostituisce all'acqua il mercurio e si usa un pezzo di fosforo intatto: i risultati sono incerti. La narrazione tuttavia è costruita perché tasselli diversi elaborino la regola discriminante ed escludano il contingente. All'esame eudiometrico, l'azoto pare non contaminato, ma Hildebrandt, che sa usare con abilità la 'retorica dell'errore', sposta l'attenzione alle dimensioni del contenitore e le ammette sufficientemente larghe perché una

contrazione di volume, rivelatrice d'ossigeno, possa essere sfuggita. Quindi prova (e riprova) con l'eudiometro a gas nitroso, che infatti indica presenza di aria vitale. A questo punto dall'impurezza non cercata ma svelata, si passa al test della contaminazione voluta e consapevole per variabili diverse. Si scarta l'acqua che, bollita o non bollita, non è responsabile di bagliori; parimenti a nulla vale liberare il fosforo dalla nota crosta acida; alcunché accade sotto il battente del mercurio, almeno sino a che non si immette ossigeno. Si ribalta in positivo la procedura e, in una stanza mediamente riscaldata, si fa comparire sulla scena l'aria vitale. Immesso il fosforo, i bagliori sono subitanei e proseguono sino a che il reattivo non dà più luce, neppure dopo essere stato estratto, asciugato e ricollocato. È tuttavia sufficiente introdurre (più volte) ossigeno per avere (più volte) ripresa dei bagliori e rapida ascesa del livello del metallo liquido.

La trasparenza dei 'dati' svela il 'fatto': il fosforo fuma e s'illumina solo in azoto contaminato e tale contaminazione viene dai (modesti) residui di aria comune che non si riesce a espellere dai dispositivi. Troppi però sono i fenomeni che Hildebrandt non sa a normalizzare. La luce, che in questo azoto impuro è addirittura più intensa che in aria comune, indica forse che l'ossigeno vi è particolarmente "densificato"? Né si spiega come mai tale azoto, contenente una quantità d'aria vitale insufficiente a sostenere respirazione e combustione, possa indurre fumo e bagliori nel fosforo. Non meno problematici appaiono inoltre i vapori luminosi che restano nel contenitore anche quando il minerale ha cessato di dare luce. Si tratta di esalazioni fosforiche che – ipotizza Hildebrandt – lampeggiano allorché vengono a contatto con l'aria atmosferica o formano nebbia di gas acido fosforoso quando l'acqua penetra nel contenitore. L'ambiguità, tipicamente tedesca, della dissociazione fra luce e combustione dunque persiste e il fenomeno degli effluvi fosforici accende il dibattito. Ad essi ricorrono in effetti anche Van Marum (1796) e Van Mons (1796) per spiegare eventi di combustione in aria rarefatta e a temperature d'incandescenza, eventi di nuovo 'impossibili' per la chimica lavoisieriana.

All'interno del partito francese Berthollet è il primo (1796) che si espone pubblicamente sul 'caso Göttling' e lo fa in termini cautamente aperturistici. Riconosce infatti all'azoto la capacità di dissolvere il fosforo, cioè di allentare la forza di coesione fra le sue molecole, consentendo in tal modo all'aria vitale di unirsi ad esse con più facilità e minor temperatura. Beninteso: ovunque si manifesti luce, ciò accade per la presenza di una percentuale di ossigeno, ma di sicuro l'azoto non offre più la rappresentazione del gas inerte per antonomasia già forgiata dalla nuova chimica.

La contestazione ufficiale di Göttling, affidata infine a Fourcroy e Vauquelin (1797) e pubblicata sulle "Annales", esclude il confronto con i fondamenti teorici del sistema tedesco, propone un approccio rigorosamente sperimentale e di fatto riprende molti punti ormai acquisiti grazie a Spallanzani. I due autori non escludono la possibilità della dissoluzione studiata da Berthollet. Oltre

che *explicans* della maggior reattività che il minerale manifesta in miscele di ossigeno e gas mefitici 'fosforati', essa potrebbe anzi rappresentare non solo la fase preliminare dell'unico fatto riconosciuto sin lì dalla nuova chimica (cioè la combustione), ma risultare un accadimento in sé concluso, che non comporta liberazione di calorico e formazione di acido. L'ammissione non è di poco conto. Tuttavia, se l'azoto può dissolvere il fosforo, è pur sempre il residuo di ossigeno che provoca la luce – come lo stesso Berthollet ha infine riconosciuto. Le tipologie della reazione possono essere varie e diverse, ma ovunque ci sia luce, c'è combustione, cioè assorbimento d'ossigeno e produzione di acido. I fosforeggiamenti appariscenti, che talvolta si innescano nei contenitori, si legano sempre e inevitabilmente all'aggiunta di ossigeno o di aria atmosferica che lo contiene. I risultati supposti da Götting sono esclusivamente (e banalmente) l'esito di gas impuri e non riconosciuti per tali. Del resto, il comportamento dell'ossigeno a bassa temperatura e la dissoluzione del fosforo nei gas mefitici sono stati ampiamente studiati e perfettamente inquadrati nel sistema lavoisieriano, meglio e prima che di ciò si occupassero i professori tedeschi.

Fra l'*endorsement* di Spallanzani e la mossa ufficiale del partito francese, non pochi iniziano comunque a ritirare il favore già concesso alle tesi di Götting che, sotto attacco da larga parte della comunità chimica internazionale, risponde nel 1798. Egli contesta puntigliosamente le posizioni altrui e, sulla scorta di nuove serie sperimentali, si lancia in un'operazione che andrà parecchio oltre il restauro dell'edificio teorico delineato quattro anni prima. Brucia particolarmente l'accusa di superficialità e imperizia sperimentale e quindi, per produrre 'puro' azoto, tornano in azione strumenti e procedure del passato, ma il riscaldamento del fosforo viene ben oltre modo protratto. Il gas residuo è inerte, sembra azoto, ma il suo penetrante odore di fosforo è il nuovo indizio che riorienta la ricerca e la rilancia in un ulteriore ribaltamento delle tesi avverse. Non è la supposta impurezza (da ossigeno) ad attivare l'azoto: è piuttosto la lunga contaminazione (da acido fosforoso) a rendere inerte un gas costituzionalmente attivo. Non resta che individuare il mezzo per ricondurre l'azoto alla sua condizione primigenia che innesca i bagliori e scompone il fosforo acidificandolo. Götting non è sfiorato dal dubbio che la reazione sia infine indotta non per riacquistata purezza, ma per nuova contaminazione da ossigeno, inevitabile con i trattamenti praticati (cioè la rimozione dell'acido fosforoso o la sua trasformazione in fosforico per aggiunta di *Sauerstoff*, che libera *Lichtstoff*). Contaminato – insiste il professore di Jena – è piuttosto l'azoto dei colleghi che lo hanno contestato. L'inerzia del residuo non è dunque determinata dalla privazione dell'ossigeno, ma dalla corruzione dell'azoto, che infatti anche gli avversari riescono a evitare quando usano tempi di riscaldamento più brevi, pregiudizialmente scambiati per insufficienti. Il punto non sta quindi nel supposto potere di dissoluzione ammesso ora anche dai lavoisieriani. Quella che Berthollet definisce dissoluzione è – secondo Götting – acidificazione par-

ziale, che l'aggiunta di ossigeno completa consentendo *all'azoto* di innescare i fenomeni luminosi.

Dopo riscaldamento prolungato del fosforo, il legame fra le due sostanze è così solido che, anche unendo ossigeno nella proporzione tipica dell'aria atmosferica, la luce non si ridesta, ma ciò invece avviene per l'aggiunta di gas in cui il minerale non abbia già reagito. Questa è per Götting doppia conferma che non l'aria vitale, ma l'azoto è *conditio sine qua non* dei fenomeni luminosi e che il problema non sta nel rapporto tra i due fluidi elastici, ma nella dimensione dell'inquinamento da fosforo. Per contro, rimosso il reattivo che in azoto abbia smesso di brillare e introdotto ossigeno (o aria comune), è solo la diffusione del fluido fosforico che può spiegare l'illuminazione dell'intero spazio aereo.

Occorre dunque calibrare accuratamente i tempi delle manovre: i fenomeni di 'fosforizzazione' toccano infatti tutti i gas che hanno contenuto fosforo o, a dir meglio, sono entrati in contatto con i suoi vapori e acidi. L'ossigeno medesimo si combina pure senza arrivare alla combustione e proprio il minerale gli toglie la capacità di innescarla. Dal generico deterioramento alla metamorfosi dell'ossigeno in azoto (fosforizzato – beninteso – e quindi pure inefficace) il passo è breve e il fosforo diventa anch'esso un agente del mutamento, potente – sia pur all'inverso – come e quanto la luce. Per garantire il contatto col gas, strumenti e metodiche diventano sempre più complessi. Le accuse brucianti di imperizia producono quindi ipertrofia e macchinosità sia dell'apparato sperimentale sia dell'architettura teorica del sistema, ma l'ultimo intervento di Götting è ben lontano dal provocare la quantità di reazioni suscitate dalla prima parte dell'opera monografica. Questa volta, in particolare, a contestare procedure e strumenti mancherà Spallanzani.

5. Conclusa la redazione del saggio che stronca Götting, Spallanzani, riprende la ricerca sulla respirazione (20 dicembre 1796) e con essa riprendono i dubbi sul sovrappiù d'azoto, che naturalmente torna a prodursi dove non dovrebbe. Il lavoro sui gas, distruggendo la soluzione tedesca e confermando la teoria lavoisieriana della combustione, non può avere le ricadute auspicate proprio su ciò da cui tutto ha preso avvio. Eppure, mentre la soluzione del problema chimico si allontana drammaticamente, gli sviluppi dell'indagine biologica stemperano, se non addirittura rimuovono, l'urgenza di trovare una spiegazione accettabile almeno per il caso *biochimico*. A un anno e mezzo dall'inizio, i risultati dell'inchiesta fisiologica hanno infatti trasformato la respirazione in uno scambio gassoso che va oltre i polmoni, oltre la vita e l'integrità dell'organismo per diffondersi alle parti, ai frammenti e ai tessuti. Il corpo assorbe e produce da vivo e da morto, è cioè diventato una sorta di magazzino dove fluidi elastici diversi sono stoccati, entrano ed escono, si combinano e scombinano in modo non necessariamente contestuale all'atto respiratorio propriamente detto. L'azoto può dunque ora restare inalterato, ora essere generato, ora assorbito. La sua produzione o la sua diminuzione escono dal novero dei fenomeni 'im-

possibili' per entrare in quello degli eventi da inquadrare e normalizzare: precisamente ciò che Spallanzani cercherà di fare con tenacia e ostinazione sino alla fine suoi giorni.

Lo scopo primario dell'indagine si sposta per lo più alla respirazione tissutale, ma la ricerca di ossigeno assorbito e gas acido carbonico generato dal frammento organico fornisce ancora – e quasi in automatico – i valori dell'azoto. Il biologo allestisce e varia al bisogno più succedanei del prototipo di Giobert per collocare gli specimina direttamente al loro interno piuttosto che trasfondere il gas: ogni passaggio è potenzialmente inquinante e Spallanzani lo sa bene. Trasforma anche tubi generici in tubi “eudiometrici”, cioè vi trasferisce la stessa quantità d'aria stabilita dall'eudiometro e li divide nelle stesse cento parti del dispositivo classico. Modifica l'algoritmo per calcolare le percentuali dei gas in gioco nella combustione respiratoria e aumenta il margine di accettabilità della variazione. Riflette, d'altra parte, sul fatto che l'acqua, in uso nei confinamenti e negli eudiometri, può simulare produzione d'azoto, assorbendo aria fissa in quantità indeterminabile. Quindi le sostituisce il mercurio, almeno dove gli animali sperimentati lo consentono e sino a quando ciò non inizia a indicare effetti tossici. Ricompaiono inoltre le bocchette a tappo smerigliato, che tanta parte hanno avuto nella contestazione di Götting e che consentono il confinamento in asciutto e più prelievi in sequenza. Ogni volta c'è appena il tempo di esultare per il nuovo “metodo sicuro”, e ogni volta gli esiti tradiscono. Invero, l'instancabile iterazione dei casi moltiplica la confusione: a parità di tipologia e condizione degli specimina, i valori azotici cambiano in modo incomprensibile. Spallanzani pare sempre sul punto di afferrare un rapporto regolare fra il gas prodotto/consumato/immutato e le numerose variabili che maneggia da mesi. E ogni volta deve invece tornare da capo. Cerca processi che siano universali, ma – fra animali confinati in idrogeno, in aria comune, in azoto e in ossigeno, vivi e morti, intatti e decomposti, integri e a pezzi – la regola resta inafferrabile. La testardaggine dello scienziato cerca il costante e i numeri esplodono in totale libertà: possono essere diversi a condizioni sperimentali perfettamente pari, oppure gli stessi in condizioni disparate. E quando l'autore spera nell'accidente, che spieghi le bizzarrie, è regolarmente deluso. I vetri sono intatti, gli animali ben spremuti da ogni gas preesistente al loro interno, i residui messi nel conto, ma produzione e assorbimento d'azoto restano del tutto instabili. A partire dalla primavera del 1798, la sperimentazione perde del resto la struttura seriale: l'autore continua a prendere e riprendere la materia, ma non è in grado di chiudere nessuno dei numerosi fronti aperti e l'interesse per l'azoto segue la curva dell'inchiesta incompiuta.

Nei vari tentativi (rimasti inediti) di organizzazione della materia, lo scienziato sostiene la centralità della questione azotica e costruisce per lo più procedure che assemblano, ma non sono nessuna di quelle davvero applicate. In genere, tra l'efficacia della semplificazione e la complessità del rigore, sceglie la prima, avendo invece largamente praticato la seconda, che aveva rappresen-

tato la forza vincente del suo *Chimico esame*. Il confronto tra i manoscritti delle bozze tentate (e accantonate) svela tuttavia che la mano scrive e cancella, fatica a trovare moduli espressivi adeguati per ciò che appartiene sempre al territorio poco amato delle congetture. Ne esce una scrittura parecchio pasticciata che, fra correzioni e aggiunte, risolve la produzione d'azoto in epifenomeno della nutrizione e della putrefazione. La *vexata quaestio* non potrebbe chiudersi nella maniera più deludente. Infatti Spallanzani non chiude, cioè non solo non pubblica, ma non programma e non pratica neppure quei tentativi di saggio monografico che abbozza per la vicenda globale della respirazione. Per quanto narra di fosforo e azoto, illustra *storie*, che infine incidono ben poco sulla *storia* della chimica. Ma per quanto il caso di studio va oltre la sua immediata specificità (e la sua oggettiva inconcludenza), esso si riprende comunque la scena e diventa manifestazione ultima ed esemplare dell'azione potente che Spallanzani conduce sui capisaldi di metodo ed episteme dello sperimentalismo naturalistico di tradizione galileiana. E questa è – appunto – un'altra *storia*.

BIBLIOGRAFIA

Testi citati

- Amoretti Carlo, *Transunto delle riflessioni sulla chimica antiflogistica fondate sugli esperimenti del sig. G.F.A. Gottling professore a Jena*, “Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti”, 1795, XVIII, pp. 168-181; pubblicato anche in “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1795, VIII, pp. 286-315 (con note di L.V. Brugnatelli).
- Bergman Torbern Olof, *Commentatio de tubo ferruminatorio, eiusdemque usu, in explorandis corporibus praesertim mineralibus*, Vindobonae, 1779.
- Berthollet Claude-Louis, *Précis d'observations sur l'analyse animale comparée à l'analyse végétale*, “Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts”, 1786, XXVIII, pp. 272-275.
- Berthollet Claude-Louis, *Suite des recherches sur la nature des substances animales, et sur leurs rapports avec les substances végétales*, “Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année MDCCLXXXV. Avec les Mémoires de mathématique et de physique pour la même année”, Paris, 1788, pp. 331-349
- Berthollet Claude-Louis, *Observations sur les propriétés eudiométriques du phosphore*, “Journal de l'École Polytechnique, ou bulletin du travail fait à cette École”, 1796, III cahier, pp. 274-278.
- Boyle Robert, *A Short Memorial of Some Observations Made Upon an Artificial Substance, that Shines without any Precedent Illustration [...] September, 1677* [1678], in *The Works*, edited by Michael Hunter and Edward B. Davis, vol. IX, London-New York, Routledge, 2000, pp. 441-446.
- Boyle Robert, *The Aerial Noctiluca, or Some New Phoenomena and a Process of a Factitious Self-Shining Substance* [1680], in *The Works*, cit., vol. IX, pp. 265-304.
- Boyle Robert, *New Experiments and Observations Made Upon Icy Noctiluca* [1682], in *The Works*, cit., vol. IX, pp. 305-341.
- Brisson Mathurin-Jacques, *Traité élémentaire ou principes de physique, fondés sur les connoissances les plus certaines tant anciennes que modernes, et confirmés par l'expérience*, Paris, 1789, 3 voll.
- Brugnatelli Luigi Valentino, *Elementi di chimica appoggiati alle più recenti scoperte chimiche e farmaceutiche*, Pavia, 1795, 3 voll.

- [Brugnatelli Luigi Valentino], *Nuovi esperimenti sulla combustione*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1795, VIII, pp. 316-322.
- Brugnatelli Luigi Valentino, *Prospetto di riforma alla nuova nomenclatura chimica proposta dai Sigg. Morveau, Lavoisier, Berthollet, e Fourcroy*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1795, VIII, pp. 149-173.
- Brugnatelli Luigi Valentino, *Intorno alle diverse specie di combustioni*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli”, 1796, XI, pp. 41-47.
- Brugnatelli Luigi Valentino, *Alcune osservazioni sul fosforo*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti e manifatture ad esse relative del cittadino Brugnatelli”, 1797, XIII, pp. 275-294.
- [Brugnatelli Luigi Valentino], *Extrait d'une lettre du cit. Spallanzani au cit. Van Mons sur la nomenclature chimique, etc.*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1798, XXV, pp. 216-218.
- Brugnatelli Luigi Valentino, *Lettera del cit. Brugnatelli [...] al cit. Van-Mons di Bruxelles*, “Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti e manifatture ad esse relative del cittadino Brugnatelli”, 1798, XV, pp. 202-208.
- Carradori Giovacchino, *Opposizioni al sistema di Gottling*, “Giornale fisico-medico ossia raccolta di osservazioni sopra la fisica, matematica, chimica, storia naturale, medicina, chirurgia, arti e agricoltura per servire di seguito alla Biblioteca fisica d'Europa di L. Brugnatelli”, 1795, IV, pp. 75-78.
- Carradori Giovacchino, *Objections contre l'opinion du Professeur Spallanzani, sur la cause du luisant des phosphores naturels*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXIV, pp. 216-225.
- Crell Lorenz Florenz Friedrich von, *Vorläufige Bemerkungen über die Versuche von der Entzündung des Schwefels mit Metallen*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen”, 1793, II, pp. 532-539.
- Deiman Johan Rudolph – Paets Van Troostwijk Adriaan – Nieuwland Pieter – Bondt Nicolas – Lauwerenburgh Anthonie, *Versuche über die Entzündung des Schwefels mit Metallen, ohne Gegenwart von Lebensluft*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen”, 1793, II, pp. 383-398.
- Deiman Johan Rudolph, *Ueber das Leuchten des Phosphors im Stickgas*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen”, 1796, II, pp. 623-625.
- Della Torre Giovanni Maria, *Storia e fenomeni del Vesuvio*, Napoli, 1755.
- Eandi Giuseppe Antonio – Vassalli Eandi Antonio Maria, *Physicae experimentalis lineamenta ad Subalpinos*, Taurini, 1793-1794, 2 voll.
- Fontana Felice, *Descrizione, ed usi di alcuni stromenti per misurare la salubrità dell'aria*, Firenze, 1775.
- Fourcroy Antoine-François de, *Extrait d'un mémoire ayant pour titre, Recherches pour servir à l'histoire du gaz azote ou de la mofette, comme principe des matières animales*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1789, I, pp. 40-46.

- Fourcroy Antoine-François de, *Éléments d'histoire naturelle et de chimie, troisième édition*, Paris, 1789, 5 voll.
- Fourcroy Antoine-François de, *Observations sur le gaz azote contenu dans la vessie natatoire de la carpe; et deux nouveaux procédés pour obtenir ce gaz*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1789, I, pp. 47-51.
- Fourcroy Antoine-François de, *Mémoire sur la combustion de plusieurs corps dans le gaz acide muriatique oxigéné*, "Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année MDCCLXXXVIII. Avec les Mémoires de mathématique et de physique pour la même année", Paris, 1791, pp. 365-375.
- Fourcroy Antoine-François de – Vauquelin Louis-Nicolas, *Examen des expériences faites en Allemagne sur la prétendue combustion dans le gaz azote, etc., et des résultats qu'on en a tirés*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1797, XXI, pp. 189-220.
- Giobert Giovanni Antonio, *Des eaux sulfureuses et thermales de Vaudier, avec des observations physiques, économiques et chimiques sur la Vallée de Gesse et des remarques sur l'analyse des eaux sulfureuses en général*, Turin, 1793.
- Giobert Giovanni Antonio, *Articolo di lettera del Sig. G.A. Giobert al Sig. Brugnatelli sopra diverse nuove sperienze di chimica*, "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli", 1796, XI, pp. 265-269.
- Girtanner Christoph, *Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie [...] Zweyte, verbesserte und stark vermehrte Auflage*, Berlin, 1795.
- Gmelin Johann Friedrich, *Winke an seiner Zeitgenossen, den Streit über den Brennstoff betreffend*, "Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen", 1795, I, pp. 391-409.
- Göttling Johann Friedrich August, *Lavoisier's Theorie über Verbrennung, das Athemholen der Thiere, Entstehung der Säuren, und Verkalkung der Metalle, als kurze Uebersicht zusammengetragen*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1789, X, pp. 79-120.
- Göttling Johann Friedrich August, *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, Weimar, 1794-1798, 2 voll.
- Göttling Johann Friedrich August, *Einige Versuche über die Entzündung des Phosphors in reiner und atmosphärischer Luft*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1794, XV, pp. 135-144.
- Göttling Johann Friedrich August, *Etwas über den Stickstoff und das Leuchten des Phosphors in der Stickluft*, "Neues Journal der Physik", I, 1795, pp. 1-15; pubblicato anche in "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1795, XVI, pp. 167-196.
- Göttling Johann Friedrich August, *Ueber Herrn D. Christoph Heinrich Pfaffs Bemerkungen zu meiner Schrift: Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie u.s.w. in der Schrift über das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas*, "Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1796, XVII, pp. 133-160.
- Göttling Johann Friedrich August, *Fortsetzung der kleinen Bemerkungen aus der Chemie*, "Almanach oder Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker", 1797, XVIII, pp. 1-32.

- Göttling Johann Friedrich August, *Leuchten des Phosphors im reinen Stickgas*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1798, XIX, pp. 16-17.
- Göttling Johann Friedrich August, *Veränderung des Phosphors im Wasser*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1798, XIX, pp. 30-31.
- Göttling Johann Friedrich August, *Handbuch der theoretischen und praktischen Chemie*, Jena, 1798-1800, 3 voll.
- Gren Friedrich Albrecht Carl, *Systematisches Handbuch der gesammten Chemie [...] Zweyte, ganz umgearbeitet, Auflage*, Halle, 1794-1796, 4 voll.
- Gren Friedrich Albrecht Carl, *Grundriss der Naturlehre [...] dritte und umgearbeitete Auflage*, Halle, 1797.
- Guyton de Morveau Louis-Bernard, *Examen de quelques critiques de la nomenclature des chimistes français*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1798, XXV, pp. 205-215.
- Hallé Jean-Noël – Fourcroy Antoine-François de – Cotte Louis, *Air*, in *Encyclopédie méthodique. Médecine. [...] mise en ordre et publiée par M. Vicq d'Azyr*, vol. I, Paris-Liège, 1787, pp. 492-590.
- Hildebrandt Georg Friedrich, *Versuche über die Zusammensetzung des flüchtigen Alkali's*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen”, 1795, I, pp. 303-309.
- Hildebrandt Georg Friedrich, *Versuche über das Leuchten des Phosphors im Salpeterstoffgas aus Salpeter*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen”, 1796, I, pp. 411-428; 488-510.
- Ingenhousz Jan, *Observations sur la construction et l'usage de l'eudiomètre de M. Fontana et sur quelques propriétés particulières de l'air nitreux*, “Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts”, 1785, XXVI, pp. 339-359, tav. I.
- Jäger Carl Christoph Friedrich von – Scherer Alexander Nicolaus, *Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und Beobachtungen [...] Nebst Dr. Chph. Hein. Pfaffs Bemerkungen, zu Hrn. Prof. Göttlings Schrift: Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie*, Weimar, 1795.
- Jurine Louis, *Mémoire sur la question suivante, proposée par la Société de Médecine: Déterminer quels avantages la médecine peut retirer des découvertes modernes sur l'art de connoître la pureté de l'air par les différens eudiomètres*, “Histoire de la Société de Médecine, année 1789; avec les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale”, 1797, X, pp. 19-99.
- Kunckel von Löwenstern Johann, *Oeffentliche Zuschrift von dem Phosphoro mirabili und dessen leuchtenden Wunder-Pilulen. Samt angehängten Discurs von dem weyland recht benahnten Nitro, jetzt aber unschuldig genandten Blut der Natur [...] herausgegeben in Wittenberg An. 1678, Leipzig, 1680 (?)*.
- Lampadius Wilhelm August, *Sammlung practisch-chemischer Abhandlungen und vermischter Bemerkungen*, Dresden, 1795-1800, 3 voll.
- Landriani Marsilio, *Ricerche fisiche intorno alla salubrità dell'aria. Con un articolo di Alessandro Volta sull'eudiometria* [1775], introduzione e cura di Marco Beretta, Firenze, Giunti, 1995.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Opuscules physiques et chimiques* [1774], in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, pp. 437-655.

- Lavoisier Antoine-Laurent, *Expériences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon* [1777], *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 174-183.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Mémoire sur la combustion du phosphore de Kunckel et sur la nature de l'acide qui résulte de cette combustion* [1777], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 139-152.
- Lavoisier Antoine-Laurent – Laplace Pierre-Simon de, *Mémoire sur la chaleur* [1780], in *Œuvres*, cit., vol. II, Paris, 1862, pp. 283-333.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Nouvelles réflexions sur l'augmentation de poids qu'acquiert, en brûlant, le soufre et le phosphore, et sur la cause à laquelle on doit l'attribuer* [1783], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 617-622.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Altérations qu'éprouve l'air respiré* [1785], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 676-687.
- Lavoisier Antoine-Laurent – Séguin Armand, *Premier mémoire sur la respiration des animaux* [1789], in *Œuvres*, cit., vol. II, Paris, 1862, pp. 688-703.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Traité élémentaire de chimie* [1789], in *Œuvres*, cit., vol. I, pp. 1-435.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *De la décomposition de l'air par le soufre, de la formation des acides sulfureux et sulfurique, et de l'emploi des sulfures dans les expériences eudiométriques* [1790], in *Œuvres*, cit., vol. II, pp. 715-723.
- Lavoisier Antoine-Laurent – Séguin Armand, *Second mémoire sur la respiration* [1791], “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la pharmacie”, 1814, XCI, pp. 318-334.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Œuvres [...] Correspondance [...] Edition dirigée par Patrice Bret*, vol. VI, Paris, 1997.
- Lavoisier Antoine-Laurent, *Opuscoli fisici e chimici*, a cura di Marco Ciardi e Marco Taddia, Bologna, Bononia University Press, 2005.
- Lempe Johann Friedrich – Lampadius Wilhelm August, *Resultat einiger Versuche über das Leuchten des Phosphors in verschiedenen Luftarten*, “Neues Journal der Physik”, 1795, I, pp. 16-19.
- Lovizolo Giambattista, *L'eudiometro del sig.r Gioberti colle correzioni di G.B. Lovizolo, ridotto a forma più semplice dal sig.r abate Spallanzani*, a cura di Paola Manzini, in Fabrizia Capuano – Paola Manzini (a cura di), *La “mal-aria” di Lazzaro. Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Olschki, Firenze, 1996, pp. 159-164.
- Macquer Pierre-Joseph, *Dictionnaire de chimie, contenant la théorie et la pratique de cette science, son application à la physique, à l'histoire naturelle, à la médecine, et aux arts dépendans de la chimie [...] Seconde édition, revue et considérablement augmentée*, Paris, 1778, 4 voll.
- Macquer Pierre-Joseph, *Dizionario di chimica [...] tradotto dal francese e corredato di note, e di nuovi articoli da Giovanni Antonio Scopoli*, Pavia, 1783-1784, 11 voll.
- Note concernant la Lettre sur la nomenclature chimique, insérée dans le tome XXV des Annales, pag. 216, sous le nom du cit. Spallanzani*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1798, XXVI, pp. 335-336.
- Priestley Joseph, *Observations on Different Kinds of Air* “Philosophical Transactions”, 1772, LXII, pp. 147-264.

- Priestley Joseph, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air [...] The Second Edition*, London, 1775.
- Richter Jeremias Benjamin, *Ueber die neuern Gegenstände der Chymie*, Bresslau-Hirschberg-Lissa, 1791-1802, 11 voll.
- Richter Jeremias Benjamin, *Anfangsgründe der Stöchyometrie oder Messkunst chymischer Elemente [...] Des ersten Theiles zweyter Abschnitt enthaltend die reine Thermimetrie und Phlogometrie*, Bresslau-Hirschberg-Lissa, 1794.
- Richter Jeremias Benjamin, *Ueber die Entzündung des Schwefels mit Metallen ohne Gegenwart der Lebensluft*, “Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Artzneygelahrtheit, Haushaltungskunst, und Manufakturen”, 1794, II, pp. 291-310.
- Scheele Carl Wilhelm, *Chemische Abhandlung von der Luft und Feuer. Nebst einem Vorbericht von Tornberg Bergman*, Upsala und Leipzig, 1777.
- Scherer Alexander Nicolaus, *Schreiben [...] über das Leuchten des Phosphors und der kalkerdigten Schwefelleber, über die Krystallisirung des ätzenden feuerbeständigen Alkalis, und andere physikalisch-chemische Gegenstände*, “Neues Journal der Physik”, I, 1795, pp. 319-330.
- Séguin Armand-Jean-François – Fourcroy Antoine-François de – Vauquelin Louis-Nicolas, *Mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1791, VIII, pp. 230-308.
- Séguin Armand-Jean-François, *Mémoire sur l'eudiométrie*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1791, IX, pp. 293-303.
- Séguin Armand-Jean-François, *Suite du mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1791, IX, pp. 33-36.
- Séguin Armand-Jean-François, *Mémoire sur la salubrité et l'insalubrité de l'air atmosphérique, dans ses divers degrés de pureté*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la pharmacie”, 1814, LXXXIX, pp. 251-272.
- Senebier Jean, *Mémoire sur le phlogistique, considéré comme la cause du développement, de la vie et de la destruction de tous les êtres dans les trois règnes*, “Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts”, 1776, VIII, 25-37.
- Senebier Jean, *Recherches analytiques sur la nature de l'air inflammable*, Genève, 1784.
- Spallanzani Lazzaro, *Edizione Nazionale delle Opere*, Parte I: Carteggi; Parte II: *Lezioni*; Parte III: *Scritti letterari*; Parte IV: *Opere edite direttamente dall'autore*; Parte V: *Opere edite non direttamente dall'autore*; Parte VI: *Manoscritti*, a cura di [poi: su progetto di] Pericle Di Pietro, Modena, Mucchi, 1984-2019, 37 voll.
- Spallanzani Lazzaro, *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino [1792-1797]*, a cura di Ezio Vaccari, in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VI, 2 tt.
- Spallanzani Lazzaro, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo chimico [1796]*, in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, pp. 155-218.

- Spallanzani Lazzaro, *Descrizione e uso dell'eudiometro del Sig. Giobert tratto dal Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gotling del cit. Lazzaro Spallanzani*, "Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti", 1796, XIX, pp. 352-360.
- Spallanzani Lazzaro, *Lettera intorno alle riflessioni ed esperienze del Signor Professore Goettling sulla chimica antiflogistica* [1796], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, pp. 147-154.
- Spallanzani Lazzaro, *Sperimenti per conoscere la differenza fra il gaz idrogeno naturale, il metallico, e quello delle paludi*, "Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti", 1796, XIX, pp. 178-194.
- Spallanzani Lazzaro, *Lettera [...] al cittadino Van-Mons di Bruxelles* [1798], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, pp. 235-242.
- Spallanzani Lazzaro, *Lettera al Sig. Gian-Antonio Giobert celebre chimico sopra le piante chiuse ne' vasi dentro l'acqua, e l'aria, ed esposte all'immediato lume solare, e all'ombra* [1798], in *Edizione*, cit., Parte IV, vol. VII, pp. 243-250.
- Spallanzani Lazzaro, *Ueber die Phänomene natürlicher Phosphoren in atmosphärischer Luft*, in *Sauerstoffgas und andern Gasarten*, "Annalen der Physik", 1799, I, pp. 33-63.
- Spallanzani Lazzaro, *Memorie su la respirazione* [1803], in *Edizione*, cit., Parte V, vol. V, pp. 55-158.
- Spallanzani Lazzaro, *Rapports de l'air avec les êtres organisés ou traités de l'action du poumon et de la peau des animaux sur l'air, comme celle des plantes sur ce fluide. Tirés des journaux d'observations et d'expériences de Lazare Spallanzani, avec quelques mémoires de l'éditeur sur ces matières. Par Jean Senebier*, Genève, 1807, 3 voll.
- Spallanzani Lazzaro, *I giornali delle sperienze e osservazioni*, a cura di Carlo Castellani, Giunti, Firenze, 1994, 6 voll.
- Spallanzani Lazzaro, *Storia naturale del mare. I viaggi a Genova 1780, Marsiglia 1781, Portovenere 1783, Genova 1785* [2004], a cura di Paola Manzini e Paolo Tongiorgi, in *Edizione*, cit., Parte V, vol. II.
- Spallanzani Lazzaro, *Miscellanea di viaggi. Al Lago di Como, in Svizzera, a Retorbido, alla Salsa di Querciola* [2009], a cura di Paola Manzini, in *Edizione*, cit., Parte V, vol. IV.
- Spallanzani Lazzaro, *Se le acque del globo decompongano l'acido carbonico, che ricevono dall'atmosfera* [2010], in *Edizione*, cit., Parte V, vol. V, pp. 259-271.
- Spallanzani Lazzaro, *Viaggio a Costantinopoli* [2012], a cura di Paolo Mazzarello, in *Edizione*, cit., Parte V, vol. III.
- Spallanzani Lazzaro, *I manoscritti sul "chiuso" e le "arie"* [2017-2019], a cura di Maria Teresa Monti, in *Edizione*, cit., Parte VI, vol. II, 4 tt.
- Spallanzani Lazzaro, *I ristretti* [2018], a cura di Francesco Barbieri, Ferdinando Taddei e Paola Manzini, in *Edizione*, cit., Parte VI, vol. III.
- Van Marum Martinus, *Wahrnehmungen über das Verbrennen des Phosphors in dem sogenannten leeren Raume der Luftpumpe*, "Neues Journal der Physik", 1796, III, pp. 96-108.
- Van Marum Martinus, *Combustion du phosphore dans le vuide (ainsi dit) de la machine pneumatique*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 1797, XXI, pp. 158-173.

- Van Mons Jean-Baptiste, *Ueber die vorgebliche Eigenschaft des Phosphors im Stickgas zu brennen*, “Neues Journal der Physik”, 1796, III, pp. 325-328.
- Van Mons Jean-Baptiste, *Observations nouvelles sur la propriété d'entretenir la combustion que Goettling, professeur à Jena, prétend trouver dans le gaz azote. Extrait d'une lettre du citoyen Van-Mons à M. Brugnatelli, traduite de l'italien*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXII, pp. 221-227.
- Vauquelin Louis-Nicolas, *Observations chimiques et physiologiques sur la respiration des insectes et des vers*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1792, XII, pp. 273-291.
- Venturi Giambattista, *Addiction du traducteur*, “Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent”, 1797, XXII, pp. 228-230.
- Volta Alessandro, *Lettere [...] sull'aria infiammabile nativa delle paludi [1777]*, in *Le Opere [...] Edizione Nazionale*, Milano, Hoepli, 1918-1929, vol. VI, pp. 15-102.
- Volta Alessandro, *Tre lettere [...] sulla costruzione di un moschetto e di una pistola ad aria infiammabile [1777]*, in *Le Opere*, cit., vol. VI, pp. 121-150.
- Volta Alessandro, *Memoria sopra i fuochi de' terreni e delle fontane ardenti in generale e sopra quelli di Pietra-Mala in particolare [1784]*, in *Le Opere*, cit., vol. VII, pp. 107-119.
- Volta Alessandro, *Appendice alla memoria sopra i fuochi de' terreni e delle fontane ardenti [...] ove parlasi particolarmente di quelli di Velleja [1784]*, in *Le Opere*, cit., vol. VII, pp. 121-133.
- Volta Alessandro, *Estratto di lettera al padre Raccagni intorno ad alcune esperienze sul fosforo [1796]*, in *Le Opere*, cit., vol. VII, pp. 257-266.
- Volta Alessandro, *Lettera a Martino Van Marum riguardante scoperte ed esperienze sulle arie infiammabili [26 novembre 1798]*, in *Le Opere*, cit., vol. VIII, pp. 267-272.
- Volta Alessandro, *Aggiunte alle opere e all'epistolario di Alessandro Volta. Edizione nazionale*, Bologna, Zanichelli, 1966.

Studi citati

- Abbrì Ferdinando, *Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G.A. Scopoli e la “Chimie Nouvelle”*, “Archivio di Storia della Cultura”, 1991, IV, pp. 75-92.
- Aigner Walter, *Die Beiträge des Apothekers Johann Friedrich August Götting (1755-1809) zur Entwicklung der Pharmazie und Sauerstoffschemie*, München, 1985 (PhD diss., LMU).
- Arato Franco, *Carlo Amoretti e il giornalismo scientifico nella Milano di fine Settecento*, “Annali della Fondazione Luigi Einaudi”, 1987, XXI, pp. 175-216.
- Badash Lawrence, *Joseph Priestley's Apparatus for Pneumatic Chemistry*, “Journal of the History of Medicine and Allied Sciences”, 1964, XIX, pp. 139-155.
- Beretta Marco, *Luigi Valentino Brugnatelli e la chimica in Italia alla fine del Settecento*, “Storia in Lombardia”, 1988, VII, pp. 3-31.
- Beretta Marco, *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, “Nuncius”, 1989, IV, pp. 119-146.

- Beretta Marco, *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton, Watson Publishing International, 1993.
- Bernardi Walter, *Spallanzani e la controversia sulla generazione spontanea: nuove prospettive di ricerca*, in Walter Bernardi – Marta Stefani (a cura di), *La sfida della modernità. Atti del convegno internazionale di studi nel bicentenario della morte di Lazzaro Spallanzani*, Olschki, Firenze, 2000, pp. 37-61.
- Bevilacqua Fabio – Fregonese Lucio (a cura di), *Nuova Voltiana. Studies on Volta and His Times*, Milano, Hoepli, 2000, vol. II.
- Capuano Fabrizia – Cavalchi Bruno, *Chimica pneumatica e fisiologica negli studi di Spallanzani sulla respirazione*, in Lazzaro Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte V, vol. V, pp. 303-338.
- Capuano Fabrizia – Cavalchi Bruno (a cura di), *Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel tardo '700. Strumenti e misure della chimica pneumatica*, Scandiano, Casa Spallanzani, 1998.
- Capuano Fabrizia – Manzini Paola (a cura di), *La "mal-aria" di Lazzaro. Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Firenze, Olschki, 1996.
- Castellani Carlo, *Biografia inedita di Lazzaro Spallanzani ad opera del fratello Niccolò*, "Bollettino storico reggiano", 1989, XXII, pp. 37-43.
- Ciardi Marco, *Gli ultimi anni di una straordinaria carriera*, in Lazzaro Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte IV, vol. VII, pp. 5-11; 63-77.
- Ciardi Marco, *Per una ricostruzione delle ricerche e delle memorie di Lazzaro Spallanzani sulla respirazione animale e vegetale*, in Lazzaro Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte V, vol. V, pp. 9-34.
- Ciardi Marco, *La fine dei privilegi. Scienze fisiche, tecnologia e istituzioni scientifiche sabaude nel Risorgimento*, Firenze, Olschki, 1999.
- Ciardi Marco, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana*, in Angelo Stella – Gian Franco Lavezzi (a cura di), *Esortazioni alle storie*, Milano, Cisalpino, 2001, pp. 703-718.
- Davoli Velmore, *Il metodo scientifico di L. Spallanzani*, in Fabrizia Capuano – Paola Manzini (a cura di), *La "mal-aria" di Lazzaro. Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Olschki, Firenze, 1996, pp. 75-83.
- Di Pietro Pericle, *Bibliografia di scritti sulla vita e sulle opere di Spallanzani*, in Walter Bernardi – Paola Manzini (a cura di), *Il cerchio della vita. Materiali di ricerca del Centro Studi Lazzaro Spallanzani di Scandiano sulla storia della scienza del Settecento*, Firenze, Olschki, 1999, pp. 3-42.
- Engelhardt Dietrich von, *Paracelsus im Urteil des Chemikers und Pharmazeuten Alexander Nicolaus von Scherer (1771-1824)*, in Christoph Friedrich – Sabine Bernschneider-Reif (Hrsg), *Rosarium litterarum: Beiträge zur Pharmazie- und Wissenschaftsgeschichte: Festschrift für Peter Dilg zum 65. Geburtstag*, Eschborn, Govi Verlag, 2003, pp. 123-132.
- Ferraresi Alessandra, *Valentino Brusati all'Università di Pavia: un caso della politica della scienza asburgica*, in *Atti del X Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica*, in *Rendiconti dell'Accademia delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze fisiche e naturali*, 1990, serie V, vol. XIV, parte II, t. II, pp. 155-170.
- Ferraresi Alessandra, *I luoghi della scienza: l'Università di Pavia tra Sette e Ottocento*, in *Storia di Pavia*, vol. V, Milano, Banca Regionale Europea, 2000, pp. 322-367.

- Ferraresi Alessandra, *La storia naturale insegnata: problemi di contenuti, metodi, testi per Spallanzani*, in Walter Bernardi – Marta Stefani (a cura di), *La sfida della modernità. Atti del convegno internazionale di studi nel bicentenario della morte di Lazzaro Spallanzani*, Olschki, Firenze, 2000, pp. 111-154.
- Ferrucci Maria, “*La mano ristette*”. *Strategie del candore nei giornali delle infusioni di Lazzaro Spallanzani*, in Maria Teresa Monti (a cura di), *Ecriture et mémoire. Les carnets medico-biologiques de Vallisneri à E. Wolff*, Milano, Angeli, 2006, pp. 49-70.
- Ferrucci Maria, *Percorsi formativi e itinerari di ricerca in Lazzaro Spallanzani*, Università di Firenze, 2007 (PhD diss.).
- Forbes Robert James – Lefebvre E. – De Bruyn J.G., *Martinus Van Marum: Life and Work*, Haarlem-Leyden, H.D. Tjeenk Willink & Zoon, Noordhoff International Publishing, 1969-1976, 6 voll.
- Frercks Jan, *Die Lehre an der Universität Jena als Beitrag zur deutschen Debatte um Lavoisiers Chemie*, “*Gesnerus*”, 2006, LXIII, pp. 209-239.
- Frercks Jan, *Techniken der Vermittlung. Chemie als Verbindung von Arbeit, Lehre und Forschung am Beispiel von J.F.A. Göttling*, “*N.T.M. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*”, 2008, XVI, pp. 279-308.
- Golinski Jan V., *A Noble Spectacle. Phosphorous and the Public Cultures of Science in the Early Royal Society*, “*Isis*”, 1989, LXXX, pp. 11-39.
- Golinsky Jan V., *Precision Instruments and the Demonstrative Order of Proof in Lavoisier's Chemistry*, “*Osiris*”, 1994, IX, pp. 30-47.
- Golinsky Jan V., “*The Nicety of Experiment*”: *Precision of Measurement and Precision of Reasoning in Late Eighteenth-Century Chemistry*, in Matthew Norton Wise (ed.), *The Value of Precision*, Princeton, Princeton University Press, 1995, pp. 72-91.
- Grapí Pere, *Inspiring Air. A History of Air-Related Science*, Wilmington, Vernon Press, 2019.
- Gregory Frederick, *Romantic Kantianism and the End of the Newtonian Dream in Chemistry*, “*Archives Internationales d'Histoire des Sciences*”, 1984, XXXIV, pp. 108-123.
- Guerlac Henry, *Lavoisier – The Crucial Year. The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*, New York, Gordon and Breach, 1990 (1a ed.: 1961).
- Guerra Corinna, *La Grotte du chien: un laboratoire européen des connaissances chimiques avant la création des laboratoires institutionnels à Naples*, “*Archives Internationales d'Histoire des Sciences*”, 2020, LXX, pp. 239-265.
- Hans-Henning Walter (Hrsg), *Wilhelm August Lampadius 1772-1842. Chemiker, Erfinder, Fachschriftsteller und Hüttenmann*, Freiberg, Drei Birken Verlag, 2013.
- Harvey Edmund Newton, *A History of Luminescence. From the Earliest Times until 1900*, Philadelphia, American Philosophical Society, 1957.
- Holmes Frederic Lawrence, *Lavoisier and the Chemistry of Life*, Madison, The University of Wisconsin Press, 1985.
- Holmes Frederic Lawrence, *Antoine Lavoisier – The Next Crucial Year. Or the Source of His Quantitative Method in Chemistry*, Princeton, Princeton University Press, 1998.
- Hufbauer Karl, *The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)*, Berkeley-Los Angeles-London, University of California Press, 1982.

- Kahlbaum Georg Wilhelm August – Hoffmann August, *Die Einführung der Lavoisier'schen Theorie im Besonderen in Deutschland über den Anteil Lavoisier's an der Feststellung der das Wasser zusammensetzenden Gase*, Leipzig, J.A. Barth, 1897.
- Kim Kiyoon, *Jean Senebier and the Genevan Naturalists*, University of Oklahoma, 1995 (PhD diss.).
- Klein Ursula – Lehman Christine, *Pierre-Joseph Macquer, an Eighteenth-Century Artisanal-Scientific Expert*, “Annals of Science”, 2012, LXIX, pp. 307-333.
- Lehman Christine, *Pierre-Joseph Macquer: Chemistry in the French Enlightenment*, “Osiris”, 2014, XXIX, pp. 245-261.
- Manzini Paola, *La salsa di Querciola e i vulcani di fango dell'Appennino Reggiano-Modenese*, in Lazzaro Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte V, vol. IV, pp. 105-152.
- Mazzarello Paolo, *L'intrigo Spallanzani*, Torino, Bollati Boringhieri, 2021.
- Monti Maria Teresa, *Spallanzani e le rigenerazioni animali. L'inchiesta, la comunicazione, la rete*, Firenze, Olschki, 2005.
- Monti Maria Teresa, *L'opuscolo di Spallanzani sugli “animali chiusi nell'aria” (1776). Una “storia sbagliata” di regole ed eccezioni*, “Mefisto”, 2017, I, pp. 83-104.
- Monti Maria Teresa, *Storie di animali chiusi nell'aria. Spallanzani e la respirazione in vita e in morte*, Pisa, ETS, 2017.
- Monti Maria Teresa, *Spallanzani, la chimica e “la variazione accettabile”*, “Mefisto”, 2020, IV, pp. 9-37.
- Monti Maria Teresa, *Spallanzani e le arie infiammabili (1789-1793)*, in Francesco Luzzini (a cura di), *Sine ira ac studio. Metodo e impegno civile per una razionalità illuministica. Contributi per Dario Generali*, Milano, Mimesis, di prossima pubblicazione.
- Neville Roy G. – Smeaton William Arthur, *Macquer's Dictionnaire de chimie: a Bibliographical Study*, “Annals of Science”, 1981, XXXVIII, pp. 613-662.
- Pancaldi Giuliano, *Volta. Science and Culture in the Age of Enlightenment*, Princeton-Oxford, Princeton University Press, 2003.
- Parea Gian Clemente, *Problemi di terminologia e metodo di studio nelle ricerche geologiche di Spallanzani*, in Lazzaro Spallanzani, *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*, a cura di Ezio Vaccari, in *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte IV, vol. VI, t. I, pp. 29-67.
- Partington James Riddick – McKie Douglas, *Historical Studies on the Phlogiston Theory. IV. Last Phases of the Theory*, “Annals of Science”, 1939, IV, pp. 113-149.
- Pedrocco Giorgio, *Scienziati piemontesi nell'evoluzione della chimica settecentesca*, in Gian Carlo Calcagno – Vincenzo Pallotti – Giorgio Pedrocco (a cura di), *Scienze e tecnologia in Europa nell'età moderna*, Bologna, CLUEB, 1979, pp. 13-83.
- Ratcliff Marc James, *Genèse d'une découverte. La division des infusoires (1765-1766)*, Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle, 2016.
- Roberts Lissa, *The Death of the Sensuous Chemist. The ‘New’ Chemistry and the Transformation of Sensuous Technology*, in David Howes (ed.), *Empire of the Senses. The Sensual Culture Reader*, Oxford-New York, Berg, 2005, p. 106-127.
- Roberts Lissa – Werrett Simon (eds), *Compound Histories. Materials, Governance and Production, 1760-1840*, Leiden-Boston, Brill, 2018.
- Roth-Lochner Barbara, *Jean Senebier (1742-1809): le bibliothécaire entre les lettres et les sciences*, Genève, Société de Physique et d'Histoire Naturelle, 2010.

- Rovatti Clementina – Galeotti Paolo (a cura di), *Il Museo di Lazzaro Spallanzani 1771-1799. Una camera delle meraviglie tra l'Arcadia e Linneo. Catalogo della mostra*, Cava Manara, Greppi, 1999.
- Sadoun-Goupil Michelle, *Le chimiste Claude-Louis Berthollet, 1748-1822: sa vie, son œuvre*, Paris, Vrin, 1977.
- Sadoun-Goupil Michelle, *Claude-Louis Berthollet, collaborateur et continuateur (?) de Lavoisier*, in Michelle Sadoun-Goupil (éd.), *Lavoisier et la révolution chimique. Actes du colloque tenu à l'occasion du bicentenaire de la publication du Traité élémentaire de chimie 1789*, Palaiseau, Sabix-Ecole Ecole Polytechnique, 1992, pp. 35-53.
- Schmiederer Katja, *Das Dictionnaire de Chimie von Pierre Joseph Macquer (1718-1784): die Originale und Übersetzungen als Spiegelbild der Entwicklung der Chemie und Pharmazie im letzten Drittel des 18. Jahrhundert*, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2008.
- Schmitson Anton, *Johann Friedrich August Götting. Kurze Darstellung seines Lebens und seiner Verdienste*, Jena, 1811.
- Seils Markus, *Friedrich Albrecht Carl Gren in seiner Zeit, 1760-1798: Spekulant oder Selbstdenker?*, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1995.
- Seligardi Raffaella, *Lavoisier in Italia. La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Firenze, Olschki, 2002.
- Sigrist René – Barras Vincent – Ratcliff Marc James (éds), *Louis Jurine chirurgien et naturaliste (1751-1819)*, Chêne-Bourg, Georg, 1999.
- Snelders H.A.M., *The New Chemistry in the Netherlands*, "Osiris", 1988, IV, pp. 121-145.
- Spallanzani Mariafranca, *Lazzaro Spallanzani "viaggiatore filosofo"*, in Elvio Guagnini (a cura di), *La regione e l'Europa. Viaggi e viaggiatori emiliani e romagnoli nel Settecento*, Bologna, il Mulino, 1986, pp. 173-223; 335-346.
- Spallanzani Mariafranca, *"Filosofiche escursioni". I viaggi naturalistici di Lazzaro Spallanzani*, in Lazzaro Spallanzani, *Pagine scelte dalle opere*, a cura di Carlo Castellani e Mariafranca Spallanzani, Reggio Emilia, Comune di Reggio Emilia Musei Civici, 1990, pp. 159-170.
- Stolz Rüdiger, *Johann Friedrich August Götting (1753-1809). Leben, Wirken und Bedeutung*, "Haeckeliana. Abhandlungen zur Wissenschaftsgeschichte", 1993, II, pp. 46-62.
- Tadday Ronny – Jan Frercks, *Scherer in Weimar. Das Scheitern als außeruniversitärer Chemiker*, in Hellmut Th. Seeman (Hrsg), *Anna Amalia, Carl August und das Ereignis Weimar*, Göttingen, Wallstein, 2007, pp. 345-353.
- Taddei Ferdinando, *Dalla respirazione nei vermi al fuoco dei vulcani: le sperienze chimiche di Lazzaro Spallanzani*, in Lazzaro Spallanzani, *I ristretti*, a cura di Francesco Barbieri, Ferdinando Taddei e Paola Manzini, in *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte VI, vol. III, pp. 201-276.
- Tomory Leslie, *Let it Burn: Distinguishing Inflammable Airs 1766-1790*, "Ambix", 2009, LVI, pp. 253-272.
- Vaccari Ezio, *Spallanzani e le scienze geologiche del Settecento: un percorso interpretativo tra carteggi e diari di viaggio*, in Walter Bernardi – Marta Stefani (a cura di), *La sfida della modernità. Atti del convegno internazionale di studi nel bicentenario della morte di Lazzaro Spallanzani*, Olschki, Firenze, 2000, pp. 293-317.

Bibliografia

- Vaccari Ezio, *I Viaggi alle due Sicilie e il contributo di Spallanzani alle scienze geologiche del Settecento*, in Lazzaro Spallanzani, *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*, a cura di Ezio Vaccari, in *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte IV, vol. VI, t. I, pp. 9-27.
- Vasconi Paola, *Diffusione della chimica antiflogistica in Germania*, in Paolo Amat di San Filippo (a cura di), *Atti del VI convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica*, in *Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Parte II: Memorie di scienze fisiche e naturali*, serie V, 1995, XIX, pp. 307-313.

TAVOLA DELLE ILLUSTRAZIONI

Fig. 1 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. II, fig. 8.

Fig. 2 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. III, fig. 22.

Fig. 3 – Antoine-Laurent Lavoisier – Pierre-Simon de Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. II, tav. II, figg. 6-7.

Fig. 4 – Joseph Priestley, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air [...] The Second Edition*, London, 1775, vol. I, frontespizio.

Fig. 5 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. V.

Fig. 6 – Louis Jurine, *Mémoire sur la question suivante, proposée par la Société de Médecine: Déterminer quels avantages la médecine peut retirer des découvertes modernes sur l'art de connoître la pureté de l'air par les différens eudiomètres*, “Histoire de la Société de Médecine, année 1789; avec les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale”, 1797, X, fig. 1.

Fig. 7 – Louis Jurine, *Mémoire sur la question suivante, proposée par la Société de Médecine: Déterminer quels avantages la médecine peut retirer des découvertes modernes sur l'art de connoître la pureté de l'air par les différens eudiomètres*, “Histoire de la Société de Médecine, année 1789; avec les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale”, 1797, X, p. 36.

Fig. 8 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. IV, figg. 3; 16.

Fig. 9 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. IV, fig. 4.

Fig. 10 – Giuseppe Antonio Eandi – Antonio Maria Vassalli Eandi, *Physicae experimentalis lineamenta ad Subalpinos*, Taurini, 1793-1794, vol. II, tav. X, fig. 1.

Fig. 11 – Johann Friedrich August Götting, *Einige Versuche über die Entzündung des Phosphors in reiner und atmosphärischer Luft*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1794, XV, fig. 20.

Fig. 12 – Johann Friedrich August Götting, *Einige Versuche über die Entzündung des Phosphors in reiner und atmosphärischer Luft*, “Taschen-Buch für Scheidekünstler und Apotheker”, 1794, XV, fig. 21.

Fig. 13 – Johann Friedrich August Götting, *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, Weimar, 1794, vol. I, tavola n.n.

Fig. 14 – Carl Christoph Friedrich von Jäger – Alexander Nicolaus Scherer, *Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und Beobachtungen [...] Nebst Dr. Chph. Hein. Pfaffs Bemerkungen, zu Hrn. Prof. Göttings Schrift Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie*, Weimar, 1795, fig. I.

Fig. 15 – Carl Christoph Friedrich von Jäger – Alexander Nicolaus Scherer, *Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und Beobachtungen [...] Nebst Dr. Chph. Hein. Pfaffs Bemerkungen, zu Hrn. Prof. Göttings Schrift Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie*, Weimar, 1795, figg. II-III.

Fig. 16 – Carlo Amoretti, *Transunto delle riflessioni sulla chimica antiflogistica fondate sugli esperimenti del sig. G.F.A. Gottling professore a Jena*, “Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti”, 1795, XVIII, tav. IV.

Fig. 17 – Torbern Olof Bergman, *Commentatio de tubo ferruminatorio, eiusdemque usu, in explorandis corporibus praesertim mineralibus*, Vindobonae, 1779, tav. a fine testo.

Fig. 18 – Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, in *Œuvres*, Paris, Imprimerie Impériale-Nationale, 1862-1893, vol. I, tav. XIII.

Fig. 19 – Jan Ingenhousz, *Observations sur la construction et l'usage de l'eudiomètre de M. Fontana et sur quelques propriétés particulières de l'air nitreux*, “Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts”, 1785, XXVI, pp. 339-359, tav. I, fig. VIII.

Fig. 20 – Ricostruzione dell'eudiometro di Giobert e della versione realizzata da Spallanzani. I dispositivi sono stati riprodotti da R. Lodesani, I. Tegoni e E. Bondavalli in occasione della mostra “Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel tardo '700. Strumenti e misure della chimica pneumatica” (Scandiano, 1998). L'immagine è tratta dal catalogo edito a cura di Fabrizia Capuano e Bruno Cavalchi (Scandiano, Casa Spallanzani, 1998, p. 71).

Fig. 21 – Lazzaro Spallanzani, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo chimico*, in *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte IV, vol. VII, p. 162.

Fig. 22 – Lazzaro Spallanzani, *Descrizione e uso dell'eudiometro del Sig. Giobert tratto dal Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gotling del cit. Lazzaro Spallanzani, "Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti"*, 1796, XIX, pp. 352-360, tav. n.n.

Fig. 23 – Lazzaro Spallanzani, *Opuscolo sopra la luce del fosforo in diverse arie, in I manoscritti sul "chiuso" e le "arie"*, a cura di Maria Teresa Monti, in *Edizione Nazionale delle Opere*, Modena, Mucchi, 1984-2019, Parte VI, vol. II, t. I, p. 337.

Fig. 24 – Johann Friedrich August Götting, *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, vol. II, Weimar, 1798, tav. a fine testo.

INDICE DEI NOMI

- Abbri, Ferdinando, 130n, 288
Achard, Franz Carl, 37n
Agricola, Georgius, 289
Aigner, Walter, 53n, 288
Amat di San Filippo, Paolo, 43n, 293
Amoretti, Carlo, 85n, 87 e n, 88 e n, 89, 90 e n, 140, 145, 167, 170, 171, 180, 184, 187, 189, 190, 281, 288, 296
Arato, Franco, 87n, 288
- Badash, Lawrence, 22n, 288
Barbieri, Francesco, 12, 13, 91n, 287, 292
Barras, Vincent, 24n, 292
Beretta, Marco, 28n, 43n, 44n, 85n, 284, 288, 289
Bergman, Torbern Olof, 21n, 95 e n, 281, 286, 296
Bernardi, Walter, 93n, 190n, 289, 290, 292
Bernschneider-Reif, Sabine, 73n, 289
Berthollet, Claude-Louis, 21 e n, 22, 33, 88n, 156, 168, 174 e n, 175n, 184 e n, 186, 193n, 195, 206 e n, 207, 208, 209, 210, 213, 224, 262, 273, 275, 276, 281, 282, 292
Bevilacqua, Fabio, 85n, 289
Bondavalli, Ennio, 137, 296
Bondt, Nicolas, 44 e n, 282
Bossi Visconti, Luigi, 98n
Boyle, Robert, 16n, 281
Brand, Hennig, 16n
Breislak, Scipione, 108, 109 e n
Bret, Patrice, 92n
- Brisson, Mathurin-Jacques, 33n, 158 e n, 281
Brugnatelli Luigi Valentino, 86n, 87 e n, 88 e n, 89 e n, 90 e n, 167 e n, 195 e n, 210n, 211, 212 e n, 213 e n, 229 e n, 230, 231 e n, 268, 281, 283, 288
Brusati, Valentino, 86 e n, 167n, 289
- Calcagno, Gian Carlo, 39n, 291
Caldani, Leopoldo Marc'Antonio, 174n
Capuano, Fabrizia, 91n, 137, 147n, 215n, 285, 289, 296
Carminati, Bassiano, 174 e n
Carradori, Giovacchino, 86 e n, 87 e n, 214 e n, 282
Castellani, Carlo, 13, 91n, 93n, 131n, 287, 289, 292
Cavalchi, Bruno, 91n, 137, 289, 296
Cerchiai, Geri, 13
Ciardi, Marco, 13, 16n, 85n, 91n, 211n, 285, 289
Cotte, Louis, 29n, 284
Crell, Lorenz Florenz Friedrich von, 45, 46 e n, 131, 211n, 282
- Dandolo, Vincenzo, 181, 228
Davis, Edward B., 16n, 281
Davoli, Velmore, 147n, 215n, 289
De Bruyn, J.G., 201n, 290
Deiman, Johan Rudolph, 44 e n, 46, 47, 86, 131, 201, 207 e n, 212, 263, 282
Della Torre, Giovanni Maria, 108 e n, 282

- Deluc, Jean-André, 70n
Descartes, René, 129
Di Pietro, Pericle, 190n, 286, 289
- Eandi, Giuseppe Antonio, 40 e n, 41, 282, 295
Engelhardt, Dietrich von, 73n, 289
- Fabbroni, Angelo, 179n
Ferraresi, Alessandra, 13, 86n, 93n, 167n, 289, 290
Ferrucci, Maria, 99n, 190n, 290
Fontana, Felice, 27 e n, 113, 135 e n, 198, 282, 284, 296
Forbes, Robert James, 201n, 290
Fortis, Alberto, 109 e n
Fourcroy, Antoine-François de, 22 e n, 23, 24n, 29n, 30 e n, 39n, 69, 88n, 157 e n, 168, 184, 193n, 207 e n, 208, 209, 210, 212, 213, 227, 228, 262, 275, 282, 284, 286
Fregonese, Lucio, 85n, 289
Frercks, Jan, 43n, 53n, 73n, 290, 292
Friedrich, Christoph, 73n, 289
- Galeotti, Paolo, 93n, 292
Generali, Dario, 91n, 291
Giobert, Giovanni Antonio, 39 e n, 40 e n, 41 e n, 42, 55, 134 e n, 136 e n, 137, 138, 146, 149, 151, 158, 163, 166 e n, 167n, 168, 180, 181, 195 e n, 205, 210n, 211 e n, 215 e n, 227, 229 e n, 239, 242, 254 e n, 263, 268, 271, 278, 283, 285, 287, 296, 297
Girtanner, Christoph, 12, 84 e n, 204, 283
Gmelin, Johann Friedrich, 47 e n, 48, 264, 283
Golinski, Jan V., 15n, 42n, 290
Göttling, Johann Friedrich August, 3, 4, 9, 10, 12, 51, 53 e n, 54 e n, 55, 56 e n, 57 e n, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 e n, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74 e n, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86 e n, 87 e n, 88 e n, 89, 90, 92, 136 e n, 137, 140 e n, 141, 142 e n, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 165, 167 e n, 168, 169, 170, 171, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 193 e n, 194, 195 e n, 196, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210 e n, 211 e n, 212, 213 e n, 214, 216 e n, 217 e n, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 233, 234, 250, 251, 261, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 281, 282, 283, 284, 286, 287, 288, 290, 292, 296, 297
Grapí, Pere, 24n, 37n, 290
Gregory, Frederick, 43n, 290
Gren, Friedrich Albrecht Carl, 12, 48 e n, 49 e n, 50, 51, 56, 67 e n, 70, 204 e n, 205, 206, 210n, 213, 264, 266, 274, 284, 292
Guagnini, Elvio, 93n, 292
Guerlac, Henry, 15n, 290
Guerra, Corinna, 108n, 290
Guyton de Morveau, Louis-Bernard, 37n, 88n, 229 e n, 230n, 282, 284
- Hallé, Jean-Noël, 29 e n, 30, 284
Hans-Henning, Walter, 70n, 290
Harvey, Edmund Newton, 15n, 290
Hassenfratz, Jean-Henri, 105n, 179n, 211n, 230 e n
Hildebrandt, Georg Friedrich, 196 e n, 197, 198, 199, 200 e n, 274, 275, 284
Hoffmann, August, 43n, 291
Holmes, Frederic Lawrence, 15n, 18n, 290
Howes, David, 43n, 291
Hufbauer, Karl, 43n, 290
Hunter, Michael, 16n, 281
- Ingenhousz, Jan, 113, 284, 296
- Jäger, Carl Christoph Friedrich von, 12, 73 e n, 75, 76, 77, 78, 82, 84, 183, 196, 197, 204, 267, 268, 274, 284, 296
Jurine, Louis, 24 e n, 25, 26, 27, 28 e n, 29 e n, 30, 134 e n, 257, 258, 262, 284, 292, 295
- Kahlbaum, Georg Wilhelm August, 43n, 291
Kim, Kiyoon, 96n, 291
Klein, Ursula, 86n, 291
Kunckel von Löwenstern, Johann, 16 e n, 18n, 136n, 137, 284, 285, 286, 296

- Lampadius, Wilhelm August, 70 e n, 71, 72, 140n, 164, 207, 266, 284, 285, 290
- Landriani, Marsilio, 27n, 93n, 284
- Laplace, Pierre-Simon de, 19 e n, 285, 295
- Lauwerenburgh, Anthonie, 44 e n, 282
- Lavezzi, Gian Franco, 85n, 289
- Lavoisier, Antoine-Laurent, 9, 15 e n, 16 e n, 17 e n, 18 e n, 19 e n, 20 e n, 21n, 23 e n, 29n, 30, 31 e n, 32n, 33 e n, 34, 35 e n, 36 e n, 37 e n, 40, 42n, 43n, 46, 49, 51, 53 e n, 66, 78, 82, 85 e n, 86, 88 e n, 89, 90, 91, 92 e n, 96n, 103, 105 e n, 106, 108, 116, 142, 168, 169, 180, 181, 184, 185 e n, 193n, 196, 204, 211, 212, 215 e n, 216, 222, 232, 261, 262, 269, 282, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292, 295, 296
- Lefebvre, E. 201n, 290
- Lehman, Christine, 86n, 291
- Lempe, Johann Friedrich, 70 e n, 72, 140n, 164, 207, 285
- Linné, Carl von, 93n, 292
- Lodesani, Roberto, 137, 296
- Lorgna, Antonio Maria, 92n, 94n
- Lovizolo, Giambattista, 215 e n, 285
- Luzzini, Francesco, 12, 91n, 291
- Macquer, Pierre-Joseph, 85 e n, 86 e n, 285, 291, 292
- Malacarne, Vincenzo, 230, 231n
- Manzini, Paola, 13, 91n, 93n, 129n, 147n, 190n, 215n, 285, 287, 289, 291, 292
- Martinenghi, Giovanni, 94, 95
- Mazzarello, Paolo, 13, 93n, 287, 291
- McKie, Douglas, 43n, 291
- Mezzerà, Carlo Evasio, 195
- Monti, Maria Teresa, 91n, 99n, 100n, 101n, 111n, 127n, 129n, 130n, 137, 162n, 246n, 252n, 259n, 287, 290, 291, 297
- Moscatti, Pietro, 87
- Needham, John Turberville, 190
- Neville, Roy G., 86n, 291
- Nieuwland, Pieter, 44 e n, 282
- Nollet, Jean-Antoine, 108
- Norton Wise, Matthew, 43n, 290
- Paets Van Troostwijk, Adriaan, 44 e n, 282
- Pallotti, Vincenzo, 39n, 291
- Pancaldi, Giuliano, 85n, 291
- Paracelsus, Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus, 73n, 289
- Parea, Gian Clemente, 91n, 291
- Partington, James Riddick, 43n, 291
- Pedrocco, Giorgio, 39n, 215n, 291
- Pfaff, Christoph Heinrich, 73, 74 e n, 76 e n, 77, 195 e n, 267, 283, 284, 296
- Pollack, Leopoldo, 94
- Priestley, Joseph, 18n, 22 e n, 23, 27n, 224, 263, 285, 286, 288, 295
- Raccagni, 193n, 288
- Rangone, Gherardo, 117n
- Ratcliff, Marc James, 16n, 24n, 190n, 291, 292
- Re, Giuseppe, 166n
- Réaumur, René-Antoine Ferchault de, 21n, 70n
- Reboul, Henri-Paul-Irénée, 37n
- Richter, Jeremias Benjamin, 12, 43 e n, 44 e n, 46 e n, 47, 48, 56, 202 e n, 203 e n, 204, 213, 263, 274, 286
- Rizzetti, Giuseppe Giacinto, 195
- Roberts, Lissa, 43n, 291
- Roth-Lochner, Barbara, 96n, 291
- Rovatti, Clementina, 93n, 292
- Rovatti, Giuseppe, 118n
- Rurale, Paolo, 12
- Sadoun-Goupil, Michelle, 21n, 292
- Sanna, Manuela, 13
- Scheele, Carl Wilhelm, 21 e n, 22, 36, 39, 263, 286
- Scherer, Alexander Nicolaus, 12, 72, 73 e n, 75 e n, 76 e n, 77, 78, 82, 84, 183, 196, 197, 204, 225, 267, 268, 274, 284, 286, 289, 292, 296
- Schmiederer, Katja, 86n, 292
- Schmitson, Anton, 53n, 292
- Scopoli, Giovanni Antonio, 85n, 90, 130 e n, 167, 285, 288
- Seeman, Hellmut Th., 73n, 292
- Séguin, Armand-Jean-François, 23, 31 e n, 32n, 37 e n, 38, 39 e n, 40 e n, 42, 184, 263, 285, 286
- Seils, Markus, 48n, 292
- Seligardi, Raffaella, 85n, 292
- Senebier, Jean, 92, 95 e n, 96 e n, 97 e n, 98

- e n, 99 e n, 100n, 101, 103, 104, 105, 106 e n, 107, 111 e n, 112 e n, 114, 123 e n, 128 e n, 129 e n, 130n, 131 e n, 132 e n, 134 e n, 135 e n, 139 e n, 142 e n, 145 e n, 148 e n, 164n, 167n, 174n, 175n, 179 e n, 211 e n, 227 e n, 228, 250, 251 e n, 252 e n, 254n, 259n, 269, 286, 287, 291
- Sigrist, René, 24n, 292
- Smeaton, William Arthur, 86n, 291
- Snelders, H.A.M., 44n, 292
- Spallanzani, Lazzaro, 3, 9, 10, 11, 12, 90, 91 e n, 92 e n, 93 e n, 94 e n, 95 e n, 96 e n, 97 e n, 98 e n, 99 e n, 100 e n, 101 e n, 102, 103, 104 e n, 105 e n, 106 e n, 107 e n, 108 e n, 109 e n, 110 e n, 111 e n, 112 e n, 113 e n, 114, 115, 116, 117 e n, 118 e n, 119 e n, 120, 121 e n, 122, 123 e n, 124, 125, 126 e n, 127 e n, 128n, 129 e n, 130 e n, 131 e n, 132 e n, 133, 134 e n, 135 e n, 136 e n, 137, 138 e n, 139 e n, 140 e n, 141, 142 e n, 143, 144 e n, 145 e n, 146 e n, 147 e n, 148 e n, 149 e n, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157 e n, 158, 159 e n, 160, 161, 162 e n, 163, 164 e n, 165, 166 e n, 167 e n, 168, 169, 170 e n, 171 e n, 172 e n, 173, 174 e n, 175 e n, 176, 177, 178, 179 e n, 180 e n, 181, 182, 183, 184 e n, 186 e n, 187, 188, 189, 190 e n, 191 e n, 193 e n, 194, 195, 197, 205, 206, 207, 208, 209, 210n, 211n, 213 e n, 214 e n, 215 e n, 226, 227 e n, 228, 229 e n, 230 e n, 231 e n, 232 e n, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246 e n, 247, 248, 249, 250, 251 e n, 252 e n, 253, 254 e n, 255 e n, 256 e n, 257, 258 e n, 259 e n, 260 e n, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 282, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 296, 297
- Spallanzani, Mariafranca, 93n, 292
- Spallanzani, Niccolò, 91 e n, 94n, 148n, 176, 289
- Stefani, Marta, 93n, 190n, 289, 290, 292
- Stella, Angelo, 85n, 289
- Stolz, Rüdiger, 53n, 292
- Tadday, Ronny, 73n, 292
- Taddei, Ferdinando, 13, 91n, 287, 292
- Taddia, Marco, 16n, 285
- Tegoni, Ivano, 137, 296
- Tomory, Leslie, 92n, 292
- Tongiorgi, Paolo, 129n, 287
- Toscan, George, 211n
- Vaccari, Ezio, 91n, 93n, 286, 292, 293
- Vallisneri, Antonio, 99n, 290
- Van Marum, Martinus, 201 e n, 202, 205, 207, 213 e n, 227, 275, 287, 288, 290
- Van Mons, Jean-Baptiste, 4, 202 e n, 210 e n, 213 e n, 229 e n, 230 e n, 231 e n, 275, 282, 287, 288
- Vasconi, Paola, 43n, 293
- Vassalli Eandi, Antonio Maria, 40 e n, 41, 136, 167, 282, 295
- Vauquelin, Louis-Nicolas, 39n, 207 e n, 208, 209, 210, 212, 227, 228, 256n, 275, 283, 286, 288
- Venturi, Giambattista, 213, 214 e n, 288
- Vicq d' Azyr, Félix, 29n, 284
- Volta, Alessandro, 27n, 39 e n, 40n, 85 e n, 86 e n, 87 e n, 92 e n, 110, 112, 117, 118 e n, 123n, 125, 126, 127 e n, 166n, 167, 193 e n, 194, 195, 211, 213 e n, 230, 263, 268, 269, 284, 288, 289, 291
- Werrett, Simon, 43n, 291
- Wilzeck, Johann Joseph, 94 e n
- Wolff, Étienne, 99n, 290

Filosofia e scienza nell'età moderna e contemporanea
Collana a cura della Sezione di Milano dell'Istituto per la storia del pensiero
filosofico e scientifico moderno - diretta da M. Sanna, G. Cerchiai

Ultimi volumi pubblicati:

CORRADO BERTANI, *L'enorme sproporzione*. La filosofia del diritto nella scuola hegeliana (1821-1846) (disponibile anche in e-book).

GERI CERCHIAI, GIOVANNI ROTA, LUISA SIMONUTTI (a cura di), *Barbarie in età moderna e contemporanea*. Atti del Convegno (Milano, 16-17 novembre 2016) (disponibile anche in e-book).

GERI CERCHIAI (a cura di), *Vico e la filosofia civile in Lombardia* (disponibile anche in e-book).

GERI CERCHIAI, *La filosofia di Eugenio Colomi* (disponibile anche in e-book).

Testi

BENEDINO GEMELLI (a cura di), *I consulti di Ludovico Pacino Viti (1662-1732) e di altri medici del suo tempo* (disponibile anche in e-book).

UBERTINO LANDI, *Lettere ad Antonio Vallisneri (1710-1729)* (disponibile anche in e-book).

BIAGIO GAROFALO, *Considerazioni intorno alla poesia degli Ebrei e dei Greci* (disponibile anche in e-book).

Vi aspettiamo su:

www.francoangeli.it

per scaricare (gratuitamente) i cataloghi delle nostre pubblicazioni

DIVISI PER ARGOMENTI E CENTINAIA DI VOCI: PER FACILITARE
LE VOSTRE RICERCHE.



Management, finanza,
marketing, operations, HR

Psicologia e psicoterapia:
teorie e tecniche

Didattica, scienze
della formazione

Economia,
economia aziendale

Sociologia

Antropologia

Comunicazione e media

Medicina, sanità



Architettura, design,
territorio

Informatica, ingegneria

Scienze

Filosofia, letteratura,
linguistica, storia

Politica, diritto

Psicologia, benessere,
autoaiuto

Efficacia personale

Politiche
e servizi sociali



FrancoAngeli

La passione per le conoscenze

Copyright © 2023 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy. ISBN 9788835157120

FrancoAngeli

a strong international commitment

Our rich catalogue of publications includes hundreds of English-language monographs, as well as many journals that are published, partially or in whole, in English.

The **FrancoAngeli**, **FrancoAngeli Journals** and **FrancoAngeli Series** websites now offer a completely dual language interface, in Italian and English.

Since 2006, we have been making our content available in digital format, as one of the first partners and contributors to the **Torrossa** platform for the distribution of digital content to Italian and foreign academic institutions. **Torrossa** is a pan-European platform which currently provides access to nearly 400,000 e-books and more than 1,000 e-journals in many languages from academic publishers in Italy and Spain, and, more recently, French, German, Swiss, Belgian, Dutch, and English publishers. It regularly serves more than 3,000 libraries worldwide.

Ensuring international visibility and discoverability for our authors is of crucial importance to us.

FrancoAngeli



torrossa
Online Digital Library

Questo saggio racconta storie di luce e teorie della combustione nell'ultimo scorcio del Settecento. Lo fa tuttavia dalla parte dell'azoto, cioè di quei tre quarti dell'aria comune che non consentono gli scambi quantitativi propri della combustione medesima e non innescano la risposta luminosa del fosforo, da sempre il reattivo dotato di maggior spettacolarità. La scelta è stata in effetti fortunata e ha esaltato una varietà di posizioni irriducibile alla contrapposizione classica tra lavoisieriani e flogististi, ancora numerosi in ambito tedesco. Fu infatti all'interno di quest'ultimo che maturò sia la forma più interessante di "chimica della luce" non lavoisieriana, sia la sua prima contestazione.

Le serie sperimentali di J.F.A. Göttling ricordano l'alfa e l'omega della narrazione. Esse attribuirono al fosforo in azoto potente reattività luminosa e di conseguenza costrinsero entrambe le parti in causa a riconsiderare *ab imis* la natura del gas. Se un contributo decisivo riportò fosforo e azoto su rotte parallele, esso venne però da Lazzaro Spallanzani che, scienziato notissimo in tutt'altri ambiti, approdò finalmente alla chimica – e all'azoto in particolare – in modo a dir poco fortunoso.

Il libro analizza teorie, ma si occupa soprattutto della pratica sperimentale creativa e fa storia di protocolli e di strumenti. Quanto avvenne all'interno sia del partito francese, sia della chimica flogistica, indica in effetti che la corretta comprensione del rapporto tra fosforo e azoto richiese principalmente esattezza nell'analisi dei gas e affidabilità dei dispositivi. I lettori incontreranno dunque i grandi eroi della storia della chimica, ma anche gli "artigiani dell'innovazione", che danno la misura di quanto diffusa in quel momento fosse l'attività scientifica, quanto varia risultasse la discussione del metodo e quanto complicata riuscisse infine l'applicazione delle procedure.

Maria Teresa Monti (1955) insegna Storia della Scienza presso l'Università del Piemonte Orientale e si occupa delle discipline medico-biologiche d'età moderna. Ha pubblicato saggi su intellettuali scientifici (Haller, Spallanzani e Vallisneri) e all'analisi storica ha associato l'edizione critica di opere a stampa e giornali di "laboratorio". Fra i suoi contributi più recenti è la monografia *Storie di animali chiusi nell'aria. Spallanzani e la respirazione in vita e in morte* (Ets, 2017).