

Spallanzani, la chimica e la “variazione accettabile”

Maria Teresa Monti^{**}

English title: Spallanzani's chemistry and the “acceptable variation”

Abstract: On April 1st 1795, after three months of laboratory experiments on respiration, something odd caught Lazzaro Spallanzani's attention: to his great surprise, he noticed an increasing presence of nitrogen in the air flowing through the lungs of test subjects. Following this observation, Spallanzani started verifying the experimental data obtained by the German chemist J.F.A. Götting, who – against Lavoisierians – believed nitrogen capable of reactivity. This paper reconstructs the evolution of Spallanzani from his early endorsement of Götting's thesis to its complete refutation (1796). In doing so, Spallanzani developed a well-structured experimental procedure and successfully used the concept of “acceptable variation.” Still, his gruelling work on gases had no substantial impact on his biological research. The production of nitrogen remained an unexplained fact, and until his death (1799) he continued his search for acceptable coefficients of variation. But in this case, he did not find firm criteria to separate – as he said – the “costante” from the “accidentale”.

Keywords: Spallanzani; history of chemistry; respiration

1. Background

È abbastanza difficile datare con precisione l'interesse di Lazzaro Spallanzani per la chimica¹. La biografia composta dal fratello Nicco-

^{*} University of Eastern Piedmont
mariateresa.monti@uniupo.it

¹ Su Spallanzani e la chimica cfr. Fabrizia Capuano, Paola Manzini (a cura di), *La “mal-aria” di Lazzaro. Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Olschki, Firenze 1996; Marco Ciardi, *Gli ultimi anni di una straordinaria carriera*, in Lazzaro Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere* (Mucchi, Modena 1984-2019, 37 voll.), Parte IV: Opere editte direttamente dall'autore [O], vol. VII, 2005, pp. 5-11, 63-77; Gian Clemente Parea, *Problemi di terminologia e metodo di studio nelle ricerche geologiche di Spallanzani*, in *ivi*, vol. VI, t. I, pp. 29-67; Ezio Vaccari, *I*

lò² 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* di Lavoisier. In effetti, ricevendo quest'ultimo³, Spallanzani aveva manifestato sostegno al sistema francese e, pur non avendo compreso appieno il legame indissolubile che esso stabiliva fra la rivoluzione dei concetti e la rivoluzione delle parole, si era formalmente esposto con le autorità asburgiche per l'adozione della nuova terminologia⁴. Estraneo, *et pour cause*, alle questioni teoriche messe in campo da Lavoisier, il biologo aveva infatti capito perfettamente che la nuova chimica convergeva in quella ricerca di rigore epistemologico che egli da sempre coltivava in tutt'altri settori.

Nel 1796 Spallanzani scendeva ufficialmente in campo, dedicando all'amico di Ginevra Jean Senebier (1742-1809) uno "scrittarello"⁵ che confutava il *Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie* del chimico di Jena Johann Friedrich August Götting (1753-1809). Il professore tedesco, che pur era stato tra i primi a diffondere in Germania tesi antiflogistiche, sosteneva infatti una teoria pneumatica alternativa a quella di Lavoisier. Oggetto specifico del contendere erano i bagliori emessi dal fosforo in combustione. Per il sistema lavoisieriano essi erano rivelatori del solo assorbimento di ossigeno⁶, ma la faccenda poteva essere molto più complicata e mettere in gioco pure l'azoto, al quale Götting attribui-

Viaggi alle due Sicilie e il contributo di Spallanzani alle scienze geologiche del Settecento, in *ivi*, pp. 9-27; Ferdinando Taddei, *Dalla respirazione nei vermi al fuoco dei vulcani: le sperienze chimiche di Lazzaro Spallanzani*, in *ivi*, Parte VI: Manoscritti [M], vol. III, pp. 201-276; Pere Grapí, *Inspiring Air. A History of Air-Related Science*, Vernon Press, Wilmington 2019, pp. 191-197.

² Carlo Castellani, *Biografia inedita di Lazzaro Spallanzani ad opera del fratello Niccolò*, "Bollettino storico reggiano", 22, 1989, p. 42.

³ Spallanzani a Lavoisier, 1° settembre 1791 (*Edizione Nazionale*, cit., Parte I: Carteggi [C], vol. V, p. 291).

⁴ Spallanzani al R.I. Consiglio di Governo, 26 novembre 1790 (C, vol. IV, pp. 109-110). Delle proprie incertezze circa l'adozione della nuova nomenclatura Spallanzani aveva discusso con Jean Senebier (cfr. C, vol. VIII, pp. 255-258) e, a partire dalla pubblicazione dei *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino* (1792-1797), aveva infine deciso per il sistema francese, continuando invece a usare indifferentemente vecchi e nuovi termini negli appunti privati.

⁵ L. Spallanzani, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Götting 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 ricerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo chimico*, in O, vol. VII, p. 159.

⁶ Antoine-Laurent Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques*, in *Œuvres*, Imprimerie Impériale-Nationale, Paris 1862-1893, vol. I, pp. 640-655; Id., *Traité élémentaire de chimie*, in *ivi*, pp. 50-55; 340-346.

va potente visibilità reattiva⁷. Spallanzani, giunto alla questione a seguito di indagini tutt'altre, si mostrerà inizialmente favorevole alla posizione tedesca, ma produrrà alla fine la contestazione sperimentale più solida di quell'attacco insidioso alla dottrina francese, bruciando sui tempi la stessa *côterie* lavoisieriana.

Di strumenti chimici, e in particolare di eudiometri, Spallanzani aveva discusso con Senebier già alla fine degli anni Settanta del secolo. Sino al 1786 non c'è tuttavia documento che ne attesti l'uso personale e le prime analisi eudiometriche di cui si abbia notizia sono quelle eseguite, a partire dal 31 gennaio, durante la spedizione a Costantinopoli (1785-1786)⁸. Due

⁷ Cfr. Johann Friedrich August Götting, *Beytrag zur Berichtigung der antipblogistischen Chemie auf Versuche gegründet*, Weimar 1794; Id., *Etwas über den Stickstoff und das Leuchten des Phosphors in Stickluft*, "Neues Journal der Physik", 1, 1795, pp. 1-15. Per Götting l'azoto ("Lichtstoffluft") è composto dalla stessa base ("Sauerstoff") dell'ossigeno e dalla materia della luce ("Lichtstoff"). Dalla "Lichtstoffluft" il fosforo (a sua volta composto di una base specifica – "Phosphorstoff" – e di "Lichtstoff", come tutti i corpi combustibili), assume per massima affinità la base acida e quindi si muta in "Phosphorsäure", con abbondante liberazione di "Lichtstoff", rivelata da fenomeni luminosi. Maggiore è la quantità di "Lichtstoff", minore è la temperatura necessaria per l'innesco e gli esperimenti di Götting provano che lo sfavillio del fosforo è, a parità di calore, decisamente maggiore in azoto che in aria atmosferica, dove esso è combinato con l'ossigeno. Per contro in ossigeno ("Feuerstoffluft", composta di "Sauerstoff" e "Feuerstoff", ma non di "Lichtstoff") il fosforo acidifica ed emette bagliori solo a temperatura maggiore dell'ordinario. Su Götting e la questione del fosforo cfr. Anton Schmitson, *Johann Friedrich August Götting. Kurze Darstellung seines Lebens und seiner Verdienste*, Jena 1811; Ferdinando Abbri, *Spallanzani e la "chimica nuova"*, in F. Capuano, P. Manzini (a cura di), *La "mal-aria"*, cit., pp. 7-15; Walter Aigner, *Die Beiträge des Apothekers Johann Friedrich August Götting (1755-1809) zur Entwicklung der Pharmazie und Sauerstoffschemie* PhD diss., LMU München 1985; M. Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana*, in Angelo Stella, Gian Franco Lavezzi (a cura di), *Esortazioni alle storie*, Cisalpino, Milano 2001, pp. 714-716; Raffaella Seligardi, *Lavoisier in Italia. La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Olschki, Firenze 2002, pp. 269-285; 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", 16, 2008, pp. 279-308. Sul contesto tedesco cfr. il classico Georg Wilhelm August Kahlbaum, August Hoffmann, *Die Einführung der Lavoisier'schen Theorie im besonderem in Deutschland*, Barth, Leipzig 1897; e inoltre J.R. Partington, Douglas McKie, *Historical Studies on the Phlogiston Theory. IV. Last Phases of the Theory*, "Annals of Science", 4, 1939, pp. 113-149; Karl Hufbauer, *The Formation of the German Chemical Community*, University of California Press, Berkeley 1982; Marco Beretta, *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Watson Publishing International, Canton 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 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, vol. 19, 1995, pp. 307-313; Jan Frercks, *Die Lehre an der Universität Jena als Beitrag zur deutschen Debatte um Lavoisiers Chemie*, "Gesnerus", 63, 2006, pp. 209-239.

⁸ L. Spallanzani, *Viaggio a Costantinopoli*, a cura di Paolo Mazzarello, in *Edizione Nazionale*, cit., Parte V: Opere edite non direttamente dall'autore [ON], vol. III, pp. 179-180; 184; 208-211.

anni più tardi, in occasione del viaggio alle Due Sicilie, lo studio chimico dell'attività dei vulcani però già s'impone e, nel corso delle successive escursioni sull'Appennino modenese e reggiano (1789-1796), Spallanzani identifica gas di natura incerta usando con padronanza tecniche, reagenti e dispositivi⁹. Sui campioni mineralogici e i fluidi elastici raccolti, lo scienziato lavorerà per anni e di tutto tornerà a discorrere diffusamente nel carteggio con Senebier.

A metà degli anni Settanta, in verità, il biologo aveva già concluso un'avventura non particolarmente entusiasmante con la chimica pre-lavoisieriana della respirazione¹⁰. A seguire, c'erano stati tentativi di Senebier per coinvolgerlo nella discussione su temi flogistizzanti, alla quale Spallanzani si era sottratto con fastidio. Aveva anzi chiuso la partita definendo il flogisto – sei anni prima di Lavoisier – “Proteo della natura, paragonabile alla materia sottile del Cartesio”¹¹. Non avendo, in quel momento, alternative disponibili, non riteneva la chimica conveniente al proprio ideale di scienza e quindi se ne disinteressava. Spallanzani avrebbe ripreso l'argomento della respirazione solo vent'anni più tardi: anni 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 della respirazione e solo nel 1795 torna a studiare l'“aria respirata” dagli animali “chiusi”.

Nessun'altra inchiesta di Spallanzani, al pari di questa seconda sulla respirazione, sarà concentrata in un lasso di tempo così breve (6 gennaio 1795-4 febbraio 1799) per una produzione così imponente di appunti, riasunti e prove di narrazione¹². In nessun altro caso i risultati conseguiti saranno tanto oltre il livello raggiunto dalla comunità intellettuale coeva e intricati al punto da bloccare la compilazione e la pubblicazione del grande trattato promesso. Spallanzani avanza infatti la sede della funzione dai polmoni alla cute dell'animale vivo, dall'animale morto all'organo espianato, dal pezzo intatto alla parte cotta o trattata, dal tessuto integro alle fibre in decomposizione. In caccia frenetica del limite e alle prese con dati

⁹ Cfr. L. Spallanzani, *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*, a cura di E. Vaccari, in O, vol. VI, 2 tt.; Id., *Miscellanea di viaggi*, a cura di P. Manzini, in ON, vol. IV, pp. 79-194; Id., *I ristretti di Spallanzani* a cura di P. Manzini, in M, pp. 277-360.

¹⁰ Cfr. Maria Teresa Monti, *Storie di animali chiusi nell'aria. Spallanzani e la respirazione in vita e in morte*, ETS, Pisa 2017, pp. 55-99.

¹¹ Spallanzani a Senebier, 10 febbraio 1777 (C, vol. VIII, p. 41). Su questa vicenda cfr. M.T. Monti, *Storie di animali chiusi nell'aria*, cit., pp. 96-99.

¹² Cfr. ivi, pp. 131 e sgg. I manoscritti sono editi in Spallanzani, *I manoscritti sul “chiuso” e le “arie”*, a cura di M.T. Monti, in M, vol. II, 4 tt. [MC].

riottosi alla regolarità di ogni legge, Spallanzani è lavoisieriano e post-lavoisieriano. 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.

Dai primi di gennaio del 1795 l'attività ferve dunque sui casi della respirazione, ma è un fatto diverso che il 1° aprile 1795 devia l'attenzione e impone “un po' di analisi” (MC, p. 111).

2. L'azoto “cresciuto”

Dopo la morte di certe bestiole confinate in un rudimentale apparecchio idropneumatico (il “tinozzo” di cui Spallanzani già si era servito per analizzare le sostanze aeriformi), il livello dell'acqua non resta alla stessa altezza, ma scende. Se il liquido è schiacciato verso il basso, nella capacità del vaso deve essersi introdotto nuovo gas e poiché l'acido carbonico è solubile in acqua, è verosimile che si tratti di azoto. Qualche giorno di pausa pone il distacco critico necessario per esaminare con maggior cura l'aria dove sono perite alcune rane intatte e le loro compagne alle quali sono stati tolti i polmoni, ma il 9 aprile la discesa del liquido è imputata “sicuramente” ad azoto che è dunque “cresciuto” (MC, p. 116).

La possibilità di un aumento dell'azoto durante la respirazione era stata in effetti sostenuta dal medico e naturalista ginevrino Louis Jurine (1751-1819) in una memoria di cui Spallanzani trova indicazione in un'opera dell'amico Giovanni Antonio Giobert (1761-1834). Ne chiede subito lumi a Senebier, che ha notizia della tesi del compatriota, ma la contesta sulla scorta delle proprie analisi eudiometriche. Jurine, in realtà, mischia nomenclatura e concetti flogistizzanti a quelli lavoisieriani, in particolare non usa la parola “azoto” e gioca sull'equivocità del vecchio termine “mofète”, che indica la parte irrespirabile dell'atmosfera e dell'aria espirata, ma anche i gas intestinali e le esalazioni cadaveriche, cioè effluvi tutt'altro che inerti. Ma Senebier non lo rimarca e Spallanzani lo ignora perché né l'uno né l'altro leggono in realtà la memoria di Jurine, la cui pubblicazione avverrà solo nel 1797¹³.

A partire dalla seconda metà del mese d'aprile 1795, al “tinozzo” si associano strumenti che lo scienziato ha in realtà già usato, ma che in

¹³ Per l'episodio cfr. M.T. Monti, *Storie di animali chiusi nell'aria*, cit., pp. 154-155.

quest'indagine erano restati stranamente inoperosi, vale a dire il dispositivo pneumatico a mercurio e l'eudiometro a fosforo, nella versione di Giobert che Spallanzani modificherà personalmente¹⁴. I gas sono trasferiti passando da un contenitore pieno di liquido a un altro e vengono trasfusi nell'eudiometro¹⁵, dove il fosforo, acceso dall'esterno con la fiamma di una carta, manda bagliori assorbendo l'ossigeno residuo. L'innalzamento dell'acqua nell'apparecchio dà per differenza l'aria vitale (i.e. l'ossigeno) consumata. O meglio: il dispositivo ne offre la percentuale solo dopo accensioni ripetute, cioè sino a che il minerale fonde senza più alcuna manifestazione luminosa e salita del livello. Per conoscere la quantità di gas acido carbonico, si prosegue lavando in acqua di calce, che toglie l'aria fissa e quindi la misura per differenza. Il restante è azoto.

Spallanzani applica la nuova procedura all'aria raccolta da contenitori con lombrichi, bisce e uccelli e quindi trasfonde l'aria nell'eudiometro, che in verità ha già rivelato che il fosforo non riesce ad assorbire proprio tutto l'ossigeno e ne lascia sei o sette parti percentuali. Messa nel conto quell'imprecisione, dalla metà di maggio 1795 la nuova procedura conferma ripetutamente il sovrappiù azotico, ma ovviamente non spiega come sia possibile che la respirazione pre- e post-mortem accresca l'azoto atmosferico. Al residuo gassoso lasciato dalla combustione del fosforo Spallanzani aggiunge l'aria nitrosa (i.e. protossido d'azoto) che dovrebbe completare l'assorbimento dell'ossigeno e assicurare la presenza di solo azoto, ma i risultati non combinano mai del tutto.

È a questo punto (13 giugno 1795) che nel giornale di laboratorio compare il nome di Götting. Evidentemente, alla prova di ciò che ora conta per Spallanzani, la nuova chimica delude e dallo sconcerto nasce l'idea di confrontarsi con uno scienziato che ha fatto dell'azoto il soggetto centrale della propria recente monografia¹⁶. Sulla scorta di una teoria

¹⁴ Per un confronto fra il dispositivo di Giobert e quello modificato da Spallanzani cfr. le legende delle tavv. 3-6 in MC, t. I.

¹⁵ La manovra è doppia, ma necessaria perché bagno a mercurio e uso dell'eudiometro devono andare di concerto. Il dispositivo che usa il metallo liquido ha infatti il vantaggio di non assorbire il gas acido carbonico, ma proprio per questo in esso l'elevazione del livello non dà propriamente la misura del solo ossigeno consumato. Nel contenitore entra pure l'aria fissa che l'animale produce e che, in mancanza dell'azione dell'acqua, inevitabilmente schiaccia il mercurio, cioè ne diminuisce l'ascesa provocata dalla diminuzione dell'ossigeno.

¹⁶ Altri, altro cercheranno in Götting, in primis la possibilità di conciliare chimica flogistica e nuova chimica. È la linea su cui si muoverà parte della comunità tedesca e, per le numerose affinità che a quest'ultima lo legano, la linea di Alessandro Volta (1745-1727). Collega di Spallanzani a Pavia, Volta sarà fra coloro che più si impegneranno per diffondere nell'ateneo ticinese le

molecolare complessa (che di sicuro interessa assai poco al biologo), Götting elabora infatti una dottrina pneumatica dotata di un apparato sperimentale tutt'altro che disprezzabile: "una numerosa mano di luminosi esperimenti" – scriverà Spallanzani post festum¹⁷ – cioè il combustibile ideale per il motore della sua ricerca.

Lo scienziato italiano si dedica a una lettura *la plume à la main* dell'opera di Götting e ne compila un "transunto" dettagliato¹⁸. Quale sia la fonte di Spallanzani, che non legge il tedesco, è in realtà questione aperta¹⁹, ma comunque siano andate le cose, il primo riferimento a Götting contenuto nel giornale di laboratorio ha solo indirettamente a che fare con l'oggetto del contendere. Il richiamo è piuttosto alla purezza dell'ossigeno, in cui da qualche tempo vengono confinati gli animali proprio per escludere l'impaccio dell'azoto atmosferico. "Come osserva Götting" (MC, p. 159), il gas dovrà dunque essere prodotto per riduzione della calce mercuriale. Di lì a poco (16 giugno 1795) l'analisi di grosse bolle d'aria emesse da certe telline dà l'impressione che la tesi tedesca venga assunta invece che contestata:

tesi tedesche, alle quali attribuirà il merito di riconoscere la centralità della luce, ignota alla chimica francese, e la possibilità di un recupero della stessa terminologia flogistica. Cfr. al proposito M. Ciardi, *La chimica pavese*, cit., in part. pp. 714-718 e, più in generale per le reazioni italiane alla questione del fosforo, cfr. R. Seligardi, *Lavoisier in Italia*, cit., pp. 269-285.

¹⁷ L. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 160.

¹⁸ MC, pp. 152-158. Per la datazione di questo come degli altri manoscritti che saranno citati, si rinvia alle note storico-critiche apposte alla nostra edizione.

¹⁹ Probabilmente non si tratta del lungo estratto, non sfavorevole, appena pubblicato da Carlo Amoretti (*Transunto delle riflessioni sulla chimica antiflogistica fondate sugli esperimenti del sig. G.F.A. Götting*, "Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti", 18, 1795, pp. 168-181, pubblicato anche in "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti, manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli", 8, 1795, pp. 286-315). Il "transunto" infatti non solo cita una paginazione che non è relativa né al saggio tedesco né all'estratto italiano, ma soprattutto rivela una conoscenza dell'originale decisamente più precisa e dettagliata di quella offerta dalla recensione. Spallanzani potrebbe aver ottenuto in via informale (da un allievo pavese?) una traduzione oggi perduta. Nel protocollo del 9 febbraio 1796 (MC, p. 251) egli citerà in effetti un misterioso "manoscritto" contenente la "traduzione del Giornale tedesco", cioè il "Neues Journal der Physik", dove erano da poco comparsi il cit. secondo saggio di Götting e un articolo a sostegno (Johann Friedrich Lempe, Wilhelm August Lampadius, *Resultat einiger Versuche über das Leuchten des Phosphors in verschiedenen Luftarten*, "Neues Journal der Physik", 1, 1795, pp. 16-19.). Pare in effetti poco credibile che Spallanzani si sia accontentato di un'informazione parziale e di seconda mano. L'amico Giobert, che negli "Annali di chimica" darà notizia delle esperienze tedesche, rifiuterà, per es., di prendere partito prima di avere la traduzione integrale dell'opera (Giovanni Antonio Giobert, *Articolo di lettera del Sig. G.A. Giobert al Sig. Brugnatelli sopra diverse nuove esperienze di chimica*, "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli", 11, 1796, p. 266).

Osservando Götting che il fosforo luce nell'azotico, ho fatto passare questo azotico in altro eudiometro dov'era del fosforo. Chiuse le finestre (ore 7 matutine) non ho veduta luce, ma nascer poteva dal non esservi oscurità bastante, ho però veduto che il fosforo manda sensibili vapori. Mi riserbo questa sera a far novelli esami. Intanto noto [...] che avendo fatto il medesimo esperimento con l'aria infiammabile, il fosforo non solo fa qualche fumo, ma luce ancora nella oscurità. (*Ibidem*).

I "novelli esami" sono effettivamente eseguiti il 17 giugno, alle nove e mezza della sera e al buio, perché bagliori anche minimi non possano sfuggire. Nei due eudiometri, dove Spallanzani ha rispettivamente collocato l'idrogeno e l'aria emessa dalle telline, non si dà luce, che però appare una volta fatto passare il gas a un dispositivo ulteriore e con fosforo rinnovato. Il giorno successivo lo scienziato verifica con aria nitrosa l'eventuale rimanenza d'ossigeno che giustifichi i bagliori, ma ottiene esito negativo. Il gas residuo dopo la morte di rane e salamandre è parimenti negativo al test della fiamma (che si spegne), dell'aria nitrosa (che non li assorbe) e dell'acqua di calce (che non s'intorbida). Eppure, passato e ripassato in più eudiometri, esso suscita nel fosforo fenomeni luminosi, anche se brevi e discontinui. La nota del 20 giugno conclude in modo netto: è "una prova novella" (MC, p. 162) che si tratta di azoto, proprio come ha insegnato lo scienziato di Jena. Spallanzani non rileva però (e non rileverà mai) che Götting si accorda invece con Lavoisier proprio sulla neutralità dell'azoto nel passaggio per i polmoni²⁰.

Durante la respirazione, dunque, l'azoto aumenta, pare indipendentemente dalla tipologia e dalla condizione degli animali, e in esso il fosforo brucia "benissimo" e "a lungo" (*ibidem*). Senebier stesso, già critico nei confronti di Jurine e comunque ignaro della svolta 'tedesca' di Spallanzani, si mostra ora possibilista²¹. Di lì a breve nel laboratorio di Spallanzani l'analisi dei gas dilagherà talmente da imporre all'inchiesta biologica 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 – non si dirime sperimentalmente la controversia fra Götting e il partito lavosieriano.

²⁰ J.F.A. Götting, *Beytrag*, cit., pp. 204-206.

²¹ Senebier a Spallanzani, 19 giugno 1795 (C, vol. VIII, p. 361).

3. *Le esperienze sulla reattività dei gas*

“Questa mattina non essendo occupato nelle mie sperienze, ho voluto ripetere qualche esperienza di Gottling” (MC, p. 167): 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 l’analisi dei residui della respirazione, all’inizio contestuale, verrà ben presto accantonata. Lo scienziato quantifica in realtà solo tre variabili: i tempi della reazione, la temperatura di ambiente e reattivo e l’innalzamento del liquido nell’eudiometro a fosforo. Ciò che lo prende davvero è la narrazione della visibilità, cioè il racconto dell’imponente fantasmagoria percettiva provocata. In azoto il fosforo fuma, ma l’acqua non sale nell’eudiometro. Questo dovrebbe essere sufficiente per provare che il reattivo possiede affinità con il solo ossigeno, non agisce con altri gas e quindi non produce variabili parassite. Ecco invece una quantità di indizi da disambiguare (tutti visibili): le tonalità della luce, l’intensità dei vapori, le sfumature di colore del minerale, l’umidità che lo ricopre e lo spegne. I risultati sono dubbi, forse malintesi, sempre incostanti.

Presto il biologo si misura anche 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. Non dimentichiamo infatti che per la chimica nuova le sostanze si combinano in vari modi, si compongono e si scompongono, ma solo nei sistemi tradizionali esse si trasformano in altro per l’azione di agenti del mutamento. Dopo alcuni tentativi falliti, il 29 giugno Spallanzani riesce dunque a schermare il raggio del sole con un “cartoccio opachissimo”, cioè separa gli effetti della luce da quelli del calore e ottiene addirittura “prova dimostrativa” (MC, p. 176) di quanto sostiene Götting: la luce altera l’ossigeno e proprio per questo lo rende reattivo col fosforo. Ma i dati tornano presto all’incertezza e alla confusione delle molteplici tipologie della luce. Spallanzani intreccia i tempi (della reazione, della luce, del calore) e gli spazi (il calibro di contenitori e tubi eudiometrici), ma non riesce a quantificare il concetto di precisione e a individuare la “variazione accettabile”²², ovvero a discriminare il “costante” dall’“accidentale”²³. Tutto è possibile: finanche che l’idrogeno acidifichi il reattivo e l’ossigeno faccia salire il liquido nell’eudiometro, ma non inneschi né fumo né bagliori.

²² Velmore Davoli, *Il metodo scientifico di L. Spallanzani*, in F. Capuano, P. Manzini (a cura di), *La “mal-aria”*, cit., p. 79.

²³ Su queste due categorie cfr. M.T. Monti, *L’opuscolo di Spallanzani sugli “animali chiusi nell’aria” (1776). Una “storia sbagliata” di regole ed eccezioni*, “Mefisto”, 1, 2017, pp. 83-104.

Nel carteggio con Senebier, che pure è l'interlocutore privilegiato dell'inchiesta sulla respirazione, non c'è traccia dell'apertura concessa alle tesi tedesche, che il corrispondente ginevrino conosce solo da un estratto, ma giudica tanto sorprendenti quanto incomprensibili²⁴. Il primo pronunciamento di Spallanzani è però obliquamente critico sulla fragilità strutturale della forma comunicativa praticata da Götting. "In sé è bellissimo" – scrive a Ginevra il 9 luglio 1795 – l'artificio narrativo che nel *Beytrag* riproduce lunghe serie sperimentali perché 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 collassi²⁵.

Lasciata Pavia per le vacanze dalla didattica, da metà luglio Spallanzani continua le analisi nella villeggiatura appenninica di Fanano e sino al 23 dicembre affida gli appunti a uno dei suoi pochi diari andati perduti. Riusciamo non di meno a seguire gli eventi sulla scorta di un riassunto dei protocolli annotati a caldo, un "ristretto" – come l'autore definisce questo genere di scrittura – che sarà compilato fra gennaio e febbraio dell'anno successivo (MC, pp. 227-248), riportando in modo complessivamente fedele oscillazioni e incertezze di questi primi esiti. La mano suscita e alimenta regolarmente la bulimia del vedere. La mano travasa e aggiunge e a ogni aggiunta e travaso l'azoto torna a far fumare e risplendere il fosforo (ma l'acqua nell'eudiometro non sale); la mano sostituisce l'azoto con aria atmosferica e a ogni sostituzione la luce diventa maggiore (e il termometro segnala sviluppo di calore); la mano combatte con l'"umidità acida" che nella reazione va a rivestire il fosforo e che ora ne smorza i bagliori (in azoto), ora sembra ininfluyente (in aria atmosferica), ora non è affatto acida (in azoto). La soluzione pare a portata di mano, ma il discrimine fra azoto e ossigeno si perde nella distinzione suggestiva tra i fumi lucenti e vaganti del primo e la luce molto più viva e fissa del secondo.

Lo scienziato ripete diligentemente le procedure illustrate nel saggio di Götting, che segue come un vero manuale di esercitazione, dato che per ora non ha gli strumenti, né materiali né concettuali, che sosterranno la sua brillante confutazione finale. Qualcosa tuttavia sta cambiando. Sin lì le tesi tedesche erano state generalmente citate se e quando confermate dai propri risultati sperimentali; ora, per lo più, vengono riprese all'emergere di contrasti, dispareri e sospetti per circostanze non previste e non

²⁴ Senebier a Spallanzani, 23 settembre 1795 (C, vol. VIII, p. 366).

²⁵ Spallanzani a Senebier, 9 luglio 1795 (ivi, p. 364).

considerate. La svolta arriva il 6 agosto, quando Spallanzani sposta l'obiettivo della ricerca alla variazione accettabile, vale a dire da ciò che accade 'sempre' (e che è inconseguibile) a ciò che accade 'regolarmente'. La nuova inchiesta resta sui generis, ma si sta in tal modo riappropriando del metodo col quale il biologo domina da sempre la sua naturale tendenza all'inconcludente bulimia sperimentale. Si tratta di individuare e smascherare l'"accidentale combinazione" per costruire il "costante" (MC, p. 390). Casi fastidiosamente controversi tuttavia persistono. Molto di singolare c'è nel comportamento dell'ossigeno e non poca regolarità resiste nella luce in azoto, soprattutto se la ricerca si ostina sulle tipologie dei fumi e dei vapori che colpiscono l'occhio. Una seconda svolta avviene però di lì a pochissimo.

Al comportamento del fosforo Spallanzani collega finalmente l'impurezza dei gas, fatto ben noto, all'epoca pressoché inevitabile, e che pure sin lì – difficile dire perché – non era stato associato alla qualità della reazione e quindi messo adeguatamente in conto. Si cerca la purezza del gas, ma si inizia con l'uso consapevole dell'imperfezione. Il 25 agosto Spallanzani lascia la villeggiatura ragionevolmente convinto di aver conseguito buone prove circa la proporzionalità inversa fra percentuale di azoto e intensità della reazione. Sino alla fine del mese successivo il biologo viaggia fra varie città padane, impegnato in analisi eudiometriche²⁶, ma non smette di indagare la migliore combinazione dei gas perché il fosforo si illumini.

Tutto riprende a Pavia, dove si torna a metà novembre per l'inizio dell'anno accademico. Il lavoro ferve, anche se, con evidente *understatement*, lo scienziato minimizza l'impegno e scrive a Senebier di esperienze condotte "in alcuni ritagli d'ozio", ma ripetute e variate "con più rigore" delle serie tedesche, alcune delle quali "non reggono all'onore delle prove"²⁷. Assai colpito dalla notizia di critiche pubblicamente mosse a Götting, Spallanzani ne chiede dettagli al corrispondente di Ginevra, ma ammette anche in modo esplicito l'impurezza dell'azoto ottenuto nell'eudiometro di Giobert per combustione del fosforo in aria atmosferica. I test con l'aria nitrosa, eseguiti fra il 22 e il 24 novembre, sembrano anzi azzerare tutti i risultati precedenti, che non ne hanno tenuto debito conto. Nel prosieguo residui di azoto in ossigeno e di ossigeno in azoto vengono quantificati e la consapevolezza delle variabili parassite permette di inquadrare le anomalie persistenti, mentre l'attenzione si

²⁶ Cfr. L. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., pp. 164-165 e MC, pp. 234-235.

²⁷ Spallanzani a Senebier, 16 novembre 1795 (C, vol. VIII, 368).

fissa sulle variabili reali, cioè la temperatura e le esatte percentuali dei gas componenti le miscele. Resistono tuttavia motivi importanti di distrazione, in primis ciò che nella reazione “si attacca al fosforo”, mostra efficacia incostante e, a partire dal mese di dicembre, richiede una serie estenuante di manovre sul minerale²⁸. Il “costante” latita.

A fine dicembre la consapevolezza dell'imperfezione colpisce per la prima volta in modo esplicito il protocollo tedesco. L'azoto ottenuto dall'aria atmosferica secondo il metodo di Götting contiene un residuo d'ossigeno spesso addirittura superiore a quello del gas prodotto con l'eudiometro di Giobert. Fallisce la cucurbita di ottone²⁹ e fallisce Spallanzani, che le sostituisce tubi di cristallo graduati e trasparenti, cioè nella contestazione dello strumento riunifica la regola della quantificazione e l'ansia del vedere. Lo scopo è di “avere l'aria azotica pura, o *almeno meno impura*” (MC, p. 185 – corsivo nostro). Se l'imperfezione è inevitabile, bisogna dominarla e rendere la variazione accettabile.

L'idrogeno è contemporaneamente protagonista di exploit vistosi quanto transitori rispetto alla luce più chiara, ma costante provocata dall'aggiunta di 12 gradi d'ossigeno: l'esperimento è “importantissimo” (MC, p. 188). L'aria vitale non è dunque nemica della luce, ma della bassa temperatura, che risulta inetta a innescarvi i bagliori. Quantità d'ossigeno e quantità di calore attendono di essere determinate in modo preciso e già incalza un'ulteriore novità di doppio rilievo. Il 29 dicembre la reazione (in aria comune) è esplicitamente definita di ossidazione e non viene testata dalle sfumature di colore dell'eliotropio, tanto visibili quanto ambigue, ma dalla variazione di peso del reattivo. La scena è un trionfo della quantità, che non si vede, non si tocca e nulla ha a che fare con gli impedimenti della concretezza.

In realtà i livelli della ricerca non si escludono e piuttosto si sovrappongono: infatti, l'anno si chiude e nulla è definito in modo certo. Il ri-

²⁸ La semplice “lavatura” del fosforo non basta; occorre che il liquido lo investa energicamente più e più volte per asportare la “patina” che vi si forma. Spallanzani torna anzi con la memoria all'estate passata e ai casi in cui giudica ora di aver troppo facilmente escluso in azoto una reazione che era forse solo bloccata da quella variabile parassita. Usa l'acqua dell'eudiometro, che in idrogeno sembra funzionare, ma che in aria comune spegne i bagliori e soprattutto rischia anch'essa di corrompere sia il gas sia il fosforo. In suo luogo, compare il mercurio, ma gli esiti deludono.

²⁹ La produzione di azoto per combustione del fosforo in una cucurbita d'ottone piena d'aria atmosferica non è ovviamente l'unica procedura descritta da Götting nel *Beytrag*, ma quello strumento è l'unico illustrato nell'unica tavola del saggio e l'unico esplicitamente criticato da Spallanzani per la sua “opacità”, di significato simbolico sin troppo evidente (cfr. L. Spallanzani, *Chimico esame*, cit., p. 176).

schio di perdersi nella moltiplicazione delle variabili è evidente e lo scienziato, che è tale perché sa cosa osservare e cosa trascurare, il 31 dicembre decide per una selezione netta. Gli esperimenti saranno ripetuti non già quanto alla luce e al fumo. Due e solo due le cose da rilevare diligentemente: il peso del fosforo e il livello del liquido. In verità il 1° gennaio 1796 l'eudiometro si rompe, ma Spallanzani non demorde e quattro giorni più tardi il suo scopo principale è pesare e ripesare il minerale che, dopo di aver fumato per ben nove volte in azoto, non subisce nessuna alterazione di peso. Sembra tuttavia impossibile resistere alla narrazione suggestiva della luce, che ora si accresce brillantissima ora si sminuisce sino a scomparire, ora è vagante, ora è fissa nel fosforo. Per i fenomeni suscitati dall'aggiunta di ossigeno i superlativi si sprecano ed è chiara la loro connessione alla temperatura, ma il biologo non riesce a staccarsi dal qualitativo macroscopico e senza regola 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 quanto mai faticoso.

Un mutamento di tecnologia nella produzione dell'idrogeno apre inaspettatamente strade diverse. Il 7 gennaio 1796 Spallanzani ottiene infatti dal laboratorio dell'ateneo pavese aria infiammabile (i.e. idrogeno) prodotta per decomposizione dell'acqua (e non da ferro o zinco trattato con acido vitriolico, come ha letto in Götting e come ha sin qui praticato). Convinto della maggior purezza del gas, ne riempie quattro grandi contenitori, lo cimenta con l'eudiometro a fosforo e ne ottiene una reazione luminosa non inferiore a quella dell'aria comune. Qualcosa dunque non quadra e infatti il giorno successivo lo scienziato predispone il test con aria nitrosa. Non si accontenta dell'"aria nitrosa vecchia, che aveva in un vaso da più giorni", ma ne allestisce "della nuova" (MC, p. 199). Scarta l'idrogeno ottenuto per primo, in cui è facile supporre un residuo d'aria atmosferica, e usa quello prodotto dopo ben un'ora e mezza dall'inizio della procedura. La prova viene condotta con la diligenza e l'ostinazione dei momenti migliori, ma l'esito è chiaro: l'aria infiammabile è contaminata e questo "può essere stato" il motivo della luce e del fumo (MC, p. 200). L'ossessione per l'esattezza che sostiene la manovra e la certezza dell'esito che la conclude non tolgono dunque quel verbo di dubbio ("può essere stato...") che collega i sintomi alla causa. Lo scienziato ripete con idrogeno prodotto da zinco, cioè alla vecchia maniera, e ha la stessa conferma di impurezza. Lo sconcerto è notevole: l'accuratezza non riesce a fare la differenza. Spallanzani ottiene aria idrogena "*quasi pura*" (MC, p. 201 – il corsivo è dell'autore) e finalmente esce dal vicolo cieco del "maggior rigore" (MC, p. 200). È la coscienza dell'imperfezione e l'accettabilità della variazione che inquadra

finalmente le irregolarità superstiti: barlumi e sfumature luminose, ben lungi dall'infirmare le teorie francesi, danno prova "concludentissima" (MC, p. 201) della proporzionalità fra reazione e impurezza del gas, riducibile ma di fatto ineliminabile.

Spallanzani non ha ancora regolato i conti con l'azoto (che è parte massima dell'aria comune) e quindi esita a riferire gli eventi reattivi alla sola componente ossigena. Il 12 gennaio ecco il passo decisivo: mischia azoto atmosferico all'idrogeno e la reazione non si verifica, ma basta una minima quantità d'aria vitale per innescare i noti lampeggiamenti. Tutto è chiaro: quando acqua o mercurio vengono agitati, o il gas travasato, i bagliori si riaccendono perché nuove, sia pur minime, quantità di ossigeno correggono l'estrema "rarietà" del residuo preesistente, già "troppo avviluppato dal gaz azotico" per essere "attratto" dal fosforo (MC, p. 207). Le parole sono di disarmante ingenuità, ma tutto torna. E quando qualcosa "non combina", l'iterazione delle esperienze sarà sufficiente per levare quelli che devono essere contrasti solo "apparenti" (MC, p. 204). L'"umidità acida" è del tutto ininfluyente e non impedisce al fosforo di brillare intensamente in aria atmosferica e, malgrado ogni manovra, di smettere di farlo in azoto.

La rincorsa diventa alla minor quantità d'ossigeno ancora capace di attivare il fosforo in ambiente azotico, ma il computo non è mai sicuro, anche mettendo nel conto la percentuale di aria vitale che l'eudiometro non riesce a togliere. Le note impurezze sono state utili per spiegare fumi e bagliori dove non dovevano essere, ma ora si richiede precisione al centesimo. La strada è decisamente in salita. Spallanzani confida molto nella produzione di azoto dalla "parte fibrosa" del sangue trattata con acido nitrico, cioè col metodo messo a punto da Claude-Louis Berthollet (1748-1822)³⁰. Ai test il gas sembra puro: ma la vecchia abitudine di lanciarsi in settori inediti, ricostruendo la bibliografia in corso d'opera, tradisce Spallanzani. Lo scienziato, che infatti lavora e contemporaneamente studia un'opera fondamentale come gli *Eléments* di Antoine-François de Fourcroy (1755-1809), vi scopre con dispetto una precisazione di procedura importante e non seguita³¹. L'azoto ottenuto è infatti ben lungi

³⁰ 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", 28, 1786, pp. 272-275; Id., *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.

³¹ Antoine-François de Fourcroy, *Eléments d'histoire naturelle et de chimie, troisième édition*, Paris 1789, vol. IV, p. 299.

dall'essere scevro di aria nitrosa (il cui odore aveva per altro insospettito). Si tenta di por rimedio seguendo indicazioni trovate di nuovo in Fourcroy³², ma il biologo non è in grado di produrre la temperatura di cui legge nell'autore francese, tocca con mano i limiti persistenti del suo sapere e saper fare, e ritenta con un metodo garantito da Götting. Prova infatti a produrre azoto con fegato di zolfo (i.e. solfuro di potassio) in aria comune, ma ecco di nuovo i dubbi di Fourcroy³³, che fosforo e gas nitroso in effetti confermano. Con la consueta testarda perseveranza Spallanzani varia ed estremizza la procedura. L'azoto, ottenuto da aria atmosferica "secondo Giobert" (cioè da ripetute combustioni del fosforo in eudiometro) e notoriamente impuro, viene tenuto per giorni sopra il solfuro di potassio e sottoposto a test giornalieri: l'aria vitale va scemando, senza tuttavia essere mai del tutto eliminata.

Sarà un esito inaspettatamente in controtendenza a intrigare al massimo la creatività sperimentale dello scienziato, oltre e contro Götting. Il 20 gennaio 1796 la tintura di tornasole evidenzia l'acidificazione del fosforo appeso in un tubetto con azoto ottenuto da fegato di zolfo e quindi torna l'incertezza sul responsabile di tale acidità: l'azoto medesimo (come vuole il chimico tedesco) oppure il solito residuo di ossigeno? "Domattina mi riserbo a rischiarar questo punto" – stabilisce Spallanzani (MC, p. 208) – e il "punto" è in effetti ripreso il 22 gennaio, ma con azoto che da tre giorni lo scienziato ha iniziato a preparare nella "bocchetta del galletto" (*ibidem*)³⁴. È il primo distacco netto da metodi e dispositivi tedeschi e il test è stupefacente. Né fumo né luce si manifestano, neppure facendo fondere il fosforo al calore della fiamma applicata all'esterno e nulla viene assorbito dai reattivi.

Raggiunta una tregua sul fronte della contaminazione dei gas, l'attenzione di Spallanzani si sposta alla corruzione del fosforo e dello stesso mercurio, dal quale il rosso dell'eliotropio (i.e. l'acidità) sembra inseparabile. Sarà a causa – riflette lo scienziato – dell'aria atmosferica che penetra

³² Id., *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", 1, 1789, p. 41.

³³ Id., *Observations sur le gaz azote contenu dans la vessie natatoire de la carpe; et deux nouveaux procédés pour obtenir ce gaz*, *ivi*, p. 48.

³⁴ Il biologo produce aria azotica da aria comune posta in un contenitore di vetro dotato di rubinetto che più volte, cessata la combustione del fosforo, viene aperto sotto il battente dell'acqua. Il liquido entra con violenza, occupando lo spazio lasciato libero dall'ossigeno e l'azoto ottenuto viene fatto passare in altra boccia. Spallanzani ripete sino a che l'acqua non riesce (quasi) più a penetrare nel dispositivo (ovvero il fosforo ha eliminato tutto l'ossigeno che riesce a eliminare) e rimpiazza questo "quasi niente" (MC, p. 208) con aria azotica già prodotta.

i dispositivi nei pochi attimi pur necessari per introdurre il metallo liquido e, forse ancor più, dei residui acidi di preparazioni precedenti. Per testare la misteriosa ossidazione del fosforo in ambiente azotico, sarà dunque necessario inventarsi altro. E non solo. Spallanzani realizza (di nuovo e con orrore) che la variabile parassita potrebbe aver viziato tutti gli esperimenti già istituiti, rendendo nulli i risultati avuti sin lì. Negli ultimi giorni di gennaio mercurio e acqua vengono instancabilmente vagliati, al pari di luce, buio e calore.

Il 27 gennaio Spallanzani riprende a tormentarsi su fumi, intorbida menti e bagliori che in azoto si spengono: forse responsabile non è la fine del residuo d'ossigeno, ma l'azione di "particelle fosforose attaccatesi all'aria azotica", variabili parassite, dunque, che l'acqua rimuove, riaccendendo la reazione, ma non il mercurio, incapace di purgare l'azoto dall'"infezione contratta col fumo fosforico" (MC, p. 216). C'è, di nuovo, di che "accostarsi al sentimento di Götting" e, specificamente, alla sua teoria dell'aria azotica "fosforata" (*ibidem*)³⁵. Il ribaltamento dei risultati ottenuti negli ultimi mesi di lavoro è sorprendente ed è infine un trionfo di visibilità quello che si realizza osservando con la lente la cavità scavata nel fosforo dalle combustioni ripetute e "piena zeppa" delle "ritonde goccioline" che estinguono la luce del reattivo in azoto (MC, p. 218). Ma il riassestamento è rapidissimo. È sufficiente che la memoria intrecci temperatura e percentuali dei gas, perché Spallanzani, in poche righe, smentisca l'accordo appena dichiarato con la posizione di Götting e concluda (come "cosa naturalissima" – MC, p. 219) la proporzionalità inversa fra temperatura e quantità di azoto necessaria per innescare la reazione in ossigeno. Ogni successivo cedimento a Götting (e ce ne saranno sino alla fine dell'avventura con la chimica) verrà da qui in poi regolarmente innescato dai dubbi ricorrenti, e più che comprensibili, sull'affidabilità delle procedure e sulla corretta applicazione della sperimentazione seriale.

Dopo pochi giorni la "boccetta del galletto" (cioè la vera novità strumentale – almeno per Spallanzani) è ormai "la solita boccetta" (*ibidem*), che infatti non toglie quel fumo, quel bagliore, magari cortissimo ... L'insoddisfazione è evidente e non sarà il laboratorio a decidere dello stallo. Tra la fine di gennaio e i primi del mese successivo Spallanzani è infatti impegnato nella redazione del citato "ristretto", cioè si costringe alla rilettura e al riassunto del centinaio di protocolli redatti a partire dal 25

³⁵ Secondo Götting, la combustione prolungata del fosforo e il conseguente calore determinerebbero una combinazione di fosforo e azoto in "phosphorische Stickluft", che del fosforo assume l'odore, perdendo la capacità di farlo rilucere (cfr. *Etwas über den Stickstoff*, cit., pp. 9 e sgg.).

giugno dell'anno precedente. Sulla base di quel lavoro di estrapolazione e per la magia della scrittura, i risultati, in realtà tutt'altro che univoci, iniziano ad assestarsi e tutto si dipana dal disordine dei dati alla regolarità dei fatti. Fatto determinabile è la proporzionalità complessa tra i fattori che rendono possibile la reazione in ossigeno (tempo, temperatura e percentuale d'azoto); fatto determinato è la proporzionalità inversa fra purezza e reattività dell'azoto e da esso, a cascata, si spiega ciò che si vede accadere a ogni aggiunta o agitazione del gas mefitico e si conclude ciò che non si è mai visto, vale a dire la costituzionale inettitudine dell'azoto alla combustione del fosforo.

La strada sembra in discesa. La sera del 31 gennaio il "nuovo metodo" (corretto coll'uso di un dispositivo pneumatico a mercurio piuttosto che ad acqua) produce idrogeno perfettamente negativo al test dell'aria nitrosa e finalmente "ecco [...] provato che l'aria infiammabile pura non fa né punto né poco fumare, né risplendere il fosforo" (MC, p. 222). Il 1° febbraio si hanno invece entrambi gli eventi con intensità proporzionata all'aggiunta d'ossigeno e non si ha fumo, né luce, né acidità unendo azoto, con perfetta indifferenza all'azione di qualsivoglia calore. A bassa temperatura, per la verità, aggiunte ripetute di ossigeno all'azoto e all'aria atmosferica diminuiscono e infine spengono la combustione. Pochi giorni prima, la cosa avrebbe senz'altro dato parecchi punti di vantaggio alla teoria tedesca. Ora l'edificio è stabile al punto da metabolizzare la novità come direzione di ricerca che dovrà determinare le giuste percentuali fra i gas. Spallanzani porta – *intensive* ed *extensive* – le procedure note molto al di là dei limiti consueti, ma per ora prolungare oltremodo la reazione non serve³⁶.

Il 27 febbraio 1796 Spallanzani si vanta con Senebier di aver studiato gli sviluppi della dottrina tedesca annunciati da Johann Friedrich Lempe (1757-1801) e Wilhelm August Lampadius (1772-1842) nel primo numero del "Neues Journal der Physik"³⁷. Ad essi il biologo rimanda per quella "patina acida ed asciutta" (MC, p. 251) che, una volta prosciugata l'aria atmosferica con alcali caustico, si condensa sul fosforo, spegne anzi tempo

³⁶ Nella produzione d'azoto da aria comune, l'esposizione al solfuro alcalino è prolungata per ben sedici giorni sopra la stufa, perché il calore sia massimamente catalizzante, ma l'esito è deludente. Il 27 febbraio lo scienziato cerca l'innovazione procedurale ed è convinto di averla individuata sostituendo all'aria comune aria nitrosa lasciata per giorni all'azione del fegato di zolfo, che dovrà assorbirne la minima quantità d'ossigeno e liberare l'azoto. Il metodo sembra quello giusto, ma a distanza di poche righe le letture affannate e ritardatarie smentiscono la pretesa di originalità. Non solo. Dopo dodici giorni d'attesa, bisogna ammettere il solito residuo d'ossigeno e il risultato non cambia neppure con gas che attende da più di due mesi.

³⁷ Spallanzani a Senebier, 27 febbraio 1796 (C, vol. VIII, p. 373).

i bagliori e quindi impedisce il completo assorbimento dell'ossigeno. Essa impegna lo scienziato, che in effetti la verifica spesso quando sostituisce all'acqua il mercurio, prediletto per evitare le note contaminazioni. Durante il mese successivo la "crosta acida, e secca" (MC, p. 264) si rivela però un epifenomeno irregolare e contingente. Esso non vale insomma l'abbandono dell'ambiente asciutto garantito dal metallo liquido, che si limita a rallentare gli eventi, quanto l'acqua favorisce e accelera (ma potenzialmente contamina). Si affaccia invece il dubbio di un'ulteriore variabile parassita già intravista e non messa convenientemente in conto: a impedire la reazione in azoto potrebbe essere una inadeguatezza dello strumento, magari la larghezza eccessiva o la curvatura dei tubi eudiometrici. Il sospetto va tolto e Spallanzani adotta altri contenitori, più stretti, diritti e anch'essi graduati. Ma lo spazio sembra proprio appartenere al novero delle "accidentali combinazioni" (MC, *passim*).

Alla corruzione dell'ossigeno per azione della luce lo scienziato era invece tornato il 10 febbraio, analizzando il gas già testato tempo addietro con aria nitrosa. Undici giorni di permanenza sulla stufa, al buio e in condizioni di perfetta assenza di umidità, confermano che il calore non altera la reattività, pari a quella di esperimenti di controllo eseguiti con il gas tenuto al freddo e sovrastante l'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" (MC, p. 252) e, su questo punto almeno, la partita è frettolosamente chiusa a favore di Götting. In realtà, conformemente alla sua teoria molecolare, il professore di Jena aveva dedotto la metamorfosi dell'ossigeno in azoto dalla *maggior reattività* che l'aria vitale avrebbe acquisito per azione della luce. Spallanzani, invece, deduce la trasformazione dell'ossigeno in azoto proprio dall'*inerzia* che l'aria vitale manifesta per prolungata esposizione ai raggi solari. La convergenza è quindi parziale e non priva di ambiguità.

4. *Prove di scrittura*

L'inchiesta sembra ormai giunta al termine e, dal 12 febbraio al 13 aprile, nel giornale di laboratorio riappaiono note sulla respirazione, continuità e intensità della ricerca chimica accusano colpi e gli esperimenti ripetono per lo più il già fatto³⁸. In questo periodo, in realtà, lo scienziato

³⁸ È tuttavia proprio in questo torno di tempo che Spallanzani chiede a Giobert un esemplare di eudiometro a fosforo. Il 4 aprile lo strumento è in preparazione a Torino, per le cure di

comincia "ad alzar fabbrica"³⁹, cioè lavora alla redazione di un breve articolo⁴⁰ che presenta, in forma di lettera, una sorta di indice ragionato del saggio maggiore, dato per prossimo. È ovviamente difficile dire se l'autore accetti i rischi dell'anticipazione pur di bruciare sui tempi una risposta francese a Götting⁴¹, o se effettivamente ritenga che i risultati dei 130 protocolli sin lì annotati siano solidi al punto da reggere l'anteprima. La bozza (MC, pp. 271-279) è di fatto assai disordinata (annuncia sette capitoli, ma ne compila sei) e presenta numerose varianti formali rispetto al testo che sarà pubblicato. La narrazione dei risultati è tuttavia limpida, la normalizzazione dei fatti ben avanzata e ferma è la contestazione di Götting. L'unico elemento di accordo ancora riconosciuto (la corruzione dell'ossigeno a opera della luce) è pure l'unico che svela l'azzardo. Qui è evidente che la fretta agisce sulla fondazione sperimentale del "costante", costruito in tempi troppo brevi e quindi a partire da generalizzazione indebita di dati insufficienti (proprio ciò di cui ripetutamente l'articolo accusa Götting). Ma redazione e pubblicazione di questo prodomo non concludono la ricerca chimica, che dal 17 aprile riprende con frequenza quotidiana.

Dopo sette giornate di lavoro, lo scienziato inizia a compilare un secondo ristretto (MC, pp. 393-396), evidentemente convinto che la sperimentazione non possa più riservare novità e che la redazione del saggio maggiore sia prossima. Questa volta non ripercorre le pagine del diario, ma usa per lo più il transunto precedente e i riassunti non vengono disposti seguendo l'immediata successione cronologica dei protocolli, 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

un artigiano "di una esattezza grandissima, ma che non è facile far lavorare". Sette giorni dopo il dispositivo è già a Milano, ma risulta purtroppo rotto. Un secondo apparecchio è prontamente allestito, ma la lacunosità del carteggio non dà modo di seguirne la consegna a Spallanzani (cfr. le lettere di Giobert del 4, 7 aprile e 9 maggio 1796 – C, vol. V, pp. 82-84).

³⁹ Spallanzani a Senebier, 27 febbraio 1796 (C, vol. VIII, p. 373).

⁴⁰ L. Spallanzani, *Lettera intorno alle riflessioni ed esperienze del Signor Professore Goetting sulla chimica antiflogistica*, in O, vol. VII, pp. 147-154.

⁴¹ La fretta d'imporci sulla scena della chimica contemporanea potrebbe trovare ragioni anche nella particolare situazione dell'ateneo pavese dove, dopo la morte di Scopoli avvenuta otto anni prima, "non si pensa più" – scrive Luigi Valentino Brugnatelli – "di rischiarare la Chimica con nuovi sperimenti, o con esatte osservazioni" (cfr. la nota conclusiva di Brugnatelli alla sua edizione cit. di C. Amoretti, *Transunto delle riflessioni sulla chimica antiflogistica*, p. 315). Quel territorio, potenzialmente aperto e disponibile a un'occupazione autorevole, poteva rappresentare una sfida importante per Spallanzani, quasi settantenne, ma dalla passione scientifica intatta. Proprio in quell'anno sulla nuova cattedra di chimica fisica sarà invece chiamato lo stesso Brugnatelli, allievo di Scopoli, amico di Volta e rivale di Spallanzani.

nell'anteprima, piuttosto che la strutturazione delle idee (che è già avvenuta). Infatti Spallanzani propriamente non riassume i protocolli, ma li interpreta, e quindi non esita a escludere ciò che nelle note iniziali risultava favorevole alle tesi di Götting. Beninteso: non falsifica, 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 distinguere l'accidentale dal costante, dando l'idea di una progressione lenta, ma inesorabile e perfetta. E il costante, quasi facendo di necessità virtù, è l'impurezza dei gas e da essa vengono le "prove decisive" (MC, p. 292). Nel transunto precedente, la rilettura dei protocolli aveva spianato dubbi e costruito certezze; ora, invece, essa esplicita l'«elogio dell'imperfezione».

Nelle parti dedicate al "vizio" contratto dall'ossigeno per esposizione alla luce è proprio la disposizione tematica dei riassunti a mostrare ciò che Spallanzani non rimarca esplicitamente: le verifiche condotte sono state poche e non risolutive. La sperimentazione riprende il 30 aprile 1796 massimamente orientata proprio alla corruzione dell'aria comune per opera della luce.

5. *Di nuovo in laboratorio*

La luce – aveva iniziato a riflettere Spallanzani nell'articolo/prodromo – 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, cioè in tubi, eudiometri e boccette. Il fatto è ovvio, ma diventa ora dubbio di variabile parassita. Potrebbe essere la lunga permanenza nel "chiuso" che fa misteriosamente scomparire percentuali d'ossigeno: "l'esperimento è interessante" – si legge nel diario (MC, p. 304) – ma la linea di ricerca è presto interrotta, perché nel mese di maggio Spallanzani è distratto da escursioni sull'Appennino reggiano e dall'analisi eudiometrica delle esalazioni idrogene di fenomeni pseudo-vulcanici quali le "salse" e i "fuochi".

L'inchiesta maggiore riacquista il ritmo dei periodi precedenti solo a partire dai primi di giugno, ma è orientata soprattutto ai bagliori di materie e animali "fosforici" (delle lucciole in particolare) e al color arancio che, per effetto della luce, si diffonde sulla superficie del fosforo, senza intaccarne né la sostanza né la capacità reattiva in aria comune. Si tratta dunque di un (epi)fenomeno macroscopico, probabilmente inessenziale, e tuttavia la presa suggestiva del colore torna forte, al punto che non solo

rubare l'attenzione dello scienziato, ma lo induce ad arrischiare considerazioni sul terreno teorico. Forse il colore segnala la liberazione di ossigeno che, già "solidizzato al fosforo" (la nota "patina acida"?), viene "fuso dalla luce" (MC, p. 310) e quindi emesso allo stato gassoso per la grande affinità. È tuttavia sufficiente ripetere in acqua per accorgersi che il minerale ingiallisce senza che ne esca alcuna bolla d'aria. Le perplessità rimangono e anzi aumentano, dato che in laboratorio si verifica una sorta di generalizzata insurrezione dei gas contro le certezze acquisite. Tutto è avverso ai principi della nuova chimica. L'affanno è evidente.

Spallanzani spende intere giornate testando miscele di azoto e ossigeno, che è aumentato sino a 448 volte la sua presenza normale in aria atmosferica. Nell'ansia di portare al limite l'intensità della reazione, sono raggiunte percentuali da autentica bulimia sperimentale e la moltiplicazione compulsiva avviene senza progetto e non produce fruibilità dei dati. Bisogna riprendere in mano la situazione e – alla giusta temperatura, con percentuali sostenibili, spazi adeguati e modalità sorvegliate nelle aggiunte e nei travasi – l'ultima insurrezione dei gas viene stroncata. Torna chiaro il discrimine fra l'accidentale e il normale, che si costruisce sulla variazione accettabile e per la sintesi teoricamente orientata di esperimenti "consenzienti" (MC, p. 316). Collocati al giusto posto vecchi e nuovi tasselli del puzzle, sulla scena s'impone di nuovo la misteriosa efficacia della luce.

Ossigeno da calce mercuriale viene lasciato per 93 ore al sole in un vaso chiuso con acqua. Trasferito il gas all'eudiometro e acceso il fosforo, la reazione lascia un residuo di circa 20 gradi, che non viene assorbito dall'acqua (non è gas acido carbonico) e spegne il lume (non è ossigeno). La conclusione è *tranchante*: "l'aria vitale si è convertita in gaz azotico" (MC, p. 320). Nei giorni successivi i superlativi si sprecano per le osservazioni "importantissime" e gli esperimenti "esattissimi" che confermano l'azione della luce solare. Il volume dei gas resta il medesimo: non si tratta quindi di assorbimento di ossigeno, ma proprio della sua completa mutazione in azoto, tanto più rapida quanto più puro è il gas.

Tra la fine di giugno e il 7 luglio Spallanzani torna alla scrivania e annota "Cose da cangiare, e da aggiungere alla mia Memoria sopra la luce del fosforo in diversi fluidi aeriformi permanenti" (MC, pp. 321-323 – così infatti, in prima battuta, sarà intitolato il saggio pubblicato). Esito o meno di incontri recenti con "valenti Francesi" (cioè i chimici di una delegazione in visita in Italia)⁴², dubbi di inavvertenza sperimentale assalgono infine lo

⁴² MC, p. 322. Dell'incontro a Reggio con i quattro commissari del Direttorio per le scienze e per le arti – Berthollet, Gaspard Monge (1746-1818), André Thouin (1764-1824) e Jacques-Ju-

scienziato e diventano un dettagliato programma di ricerca. Ciò che è stato imputato alla luce potrebbe essere dovuto a tutt'altro: al mercurio (col quale l'ossigeno può combinarsi), all'acqua (che può decomporsi e assorbire) e all'azoto atmosferico (che può introdursi con le manovre). E, come sempre accade quando gli eventi tentano di stringerlo all'angolo, Spallanzani dà il meglio e produce ciò che fa la differenza. Il nuovo modulo sperimentale in realtà non sarà affatto nuovo, ma risulterà tanto semplice quanto geniale: ecco i set, allestiti in tante coppie quanti sono i gas da testare, di due bottigliette chiuse a turacciolo smerigliato. Esse eviteranno ogni ingresso ad aria comune e acqua e saranno rispettivamente collocate alla viva luce solare e al sole senza luce, grazie a un "invoglio" di carta (MC, p. 220 e *passim*) che nel saggio a stampa diventerà una lamina di stagno.

Il biologo stende il programma e contestualmente allestisce i campioni. Infatti il protocollo del 7 luglio riferisce di gas acido carbonico che, da giorni chiuso nelle consapute bottigliette, risulta perfettamente conservato al buio come alla luce. Più incerto è invece proprio il caso dell'ossigeno atmosferico, che – stranamente – non viene subito testato con la nuova procedura, ma è ancora conservato sopra l'acqua e quindi esposto ai rischi noti di contaminazione. Il 19 luglio sono finalmente predisposti due set di quattro bottigliette a chiusura ermetica, collocate sulla finestra al sole e al caldo dell'estate, riempite d'ossigeno e di aria atmosferica, due scoperte e due schermate. Viene esposta anche una bottiglia d'idrogeno e i contenitori sono capovolti nell'acqua, che non potrà comunque penetrare. Tre giorni più tardi Spallanzani è però costretto a lasciare la vacanza che trascorre nella cittadina natale di Scandiano per un improvviso rientro a Pavia. Nel diario annota scrupolosamente di aver lasciato al fratello

lien Houtou de La Billardière (1755-1834) – Spallanzani scriverà post festum a Senebier il 21 gennaio 1797 (C, vol. VIII, p. 376; cfr. anche le lettere di Bassiano Carminati (1750-1830) del 21 e 25 giugno 1796 – C, vol. III, pp. 366-367 – e quella di Spallanzani a Leopoldo Marc'Antonio Caldani (1725-1813) del 1° settembre 1796 – ivi, p. 288). Berthollet avrebbe discorso con Spallanzani della sua scoperta intorno alla "dissoluzione" del fosforo per opera dell'azoto, lasciando però il biologo tutt'altro che persuaso (cfr. Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 – C, vol. VIII, p. 392). Il chimico francese in effetti aveva rifiutato la teoria di Göttling, ma ammesso la validità di alcune esperienze tedesche, avendo personalmente notato emissioni di luce dal fosforo in azoto (cfr. C.-L. Berthollet, *Observations sur les propriétés eudiométriques du phosphore*, "Journal de l'École Polytechnique, ou bulletin du travail fait à cette École", cahier III, 1796, pp. 274-278). Secondo Berthollet, l'azoto avrebbe avuto la proprietà di dissolvere il fosforo, consentendo all'ossigeno di unirsi al minerale e acidificarlo nella nota combustione lenta. In mancanza dell'azoto, l'azione del solo ossigeno era possibile, ma richiedeva maggior temperatura per annullare la forza di coesione tra le molecole del fosforo.

Niccolò la cura delle bottiglie, avendo ferma intenzione di esaminarle al ritorno, ma il protocollo successivo, redatto di nuovo a Scandiano il 27 luglio, non fa parola della serie sperimentale avviata in modo tanto promettente e torna alle incertezze dei vasi approntati col metodo tradizionale. Il laboratorio tace sino al 16 agosto.

In quelle due settimane lo scienziato si dedica alla compilazione di una bozza del saggio da pubblicare (MC, pp. 334-388) e, per una delle sue tipiche fughe in avanti, lo fa sulla scorta di esperienze interrotte e risultati dubbi proprio intorno all'ultimo punto di favore concesso a Götting. La minuta è di composizione assai tormentata, segnata da salti, rinvii e parti redatte su frammenti di carta incollati a coprire stesure precedenti. Rispetto alla versione a stampa, molte sono le varianti di forma e contenuto, ma la differenza più importante riguarda proprio l'azione della luce, dato che la bozza ancora sostiene la tesi che sarà poi contestata radicalmente. Nel capitolo in questione Spallanzani dichiara di riassumere le esperienze condotte con la nota "bocchetta di cristallo a robinetto" in giornate eccezionalmente serene dell'inverno del 1795 e durante i mesi estivi dell'anno successivo. Non appaiono i dubbi recenti sulla possibile contaminazione ad opera dell'acqua, non si fa parola delle bottigliette a chiusura ermetica (di cui non si ha più notizia da oltre un mese), compaiono cifre che forzano parecchio i protocolli⁴³, e infine Spallanzani si lancia sul terreno che gli è meno congeniale, cioè quello della chimica teorica. Quindi s'ingarbuglia volendo tener ferma sia la "metamorfosi", che non deve far "meraviglia" (e dovrebbe invece farne moltissima per un lavoisieriano), sia la differenza sostanziale fra ossigeno e azoto, per cui la "trasmutazione" è a dir poco "singolare" (MC, p. 375).

Cosa accade nel laboratorio fra il 16 agosto (quando le esperienze riprendono) e la consegna in tipografia del saggio con la stroncatura completa di Götting? Non è ipotizzabile l'esistenza di protocolli andati perduti, dato che l'annotazione ricomincia nello stesso giornale e nella stessa identica pagina sulla quale il 27 luglio era stato annotato l'ultimo appunto. Ciò non di meno a Pavia il lavoro prosegue, presumibilmente senza il quaderno, rimasto a Scandiano. Quando infatti il diario riprende, un'e-

⁴³ Dopo 294 ore di permanenza al sole – si racconta – il gas manifesta tutte le caratteristiche del puro azoto. La spregiudicatezza è notevole: Spallanzani riprende infatti alla lettera il giornale del 24 giugno, ma trasforma in esperimento effettivamente riuscito quanto nell'appunto di laboratorio è dato solo per possibile, vale a dire che, alla lunga, l'ossigeno si metamorfizza del tutto in azoto. Bastano poi 240 ore di sole perché si trasformino in azoto tutti i 20 gradi dell'ossigeno atmosferico, cioè finanche i pochi centesimi che il fosforo non riesce ad assorbire, quasi che la luce sia più efficace e potente del reattivo.

sperienza del 2 agosto è esplicitamente ricordata come “fatta male” (MC, p. 390). È invece fra il 17 e il 18 agosto che Spallanzani testa con l’eudiometro l’ossigeno lasciato per 204 ore nelle famose boccette a chiusura ermetica. Innesca più volte l’accensione del fosforo, tiene conto dell’inevitabile impurezza iniziale, rimette nell’eudiometro e compara i valori del residuo azotico. Grande è lo stupore di fronte a una differenza minima e conseguita per di più nella massima luminosità estiva. L’esperimento è “significantissimo” e mostra “con tutta l’esattezza” che “la solar luce è ben lontana dal viziare l’aria vitale, come lo vuole Gottling” (MC, p. 388).

I campioni non vengono rimossi perché, come sempre avviene nei momenti migliori di ogni inchiesta, si deve andare al limite. In effetti, seguire il calcolo dell’esposizione alla luce diventa, da qui in poi, assai complicato, poiché le ore di sole non corrispondono ovviamente alle giornate di lavoro e nel computo entrano pure le ore presunte, cioè quelle in cui le bottiglie sono rimaste alla cura del fratello. Il 20 agosto è raggiunta la cifra importante di 432 ore cioè, con buona approssimazione, quei 36 giorni che separano la data corrente dalla prima attuazione della nuova procedura. Il 2 settembre è dato per dimostrato che né la luce né il calore pregiudicano l’ossigeno e due giorni dopo i test vengono ripetuti sul gas che ha ormai raggiunto ben 513 ore di esposizione. Fra il 4 e il 6 settembre i risultati delle analisi non escludono per la verità qualche valore in controtendenza, ma si tratta di perdite d’ossigeno di scarsa importanza, in certi casi addirittura di aumenti (!), in altri di cali maggiori in contenitori oscurati: variazioni accettabili – annota Spallanzani – non improbabilmente riferibili a “qualche eterogeneità” (MC, p. 392) impossibile da eliminare. Sembra che la parola ‘fine’ debba venire da quella macroscopica ipertrofia procedurale. Ma così non è.

La mattina del 7 settembre la medesima altezza (96 parti centesime sulle 100 dello strumento) è raggiunta dal livello dell’acqua di due eudiometri che accolgono ossigeno rispettivamente protetto dalla luce e restato al sole per 307 ore, numero di tutto rispetto, ma non paragonabile al precedente. Il dato è dunque finalmente identico (e perfetto) in entrambi i casi: persino i quattro gradi superstiti, una volta testati in altri dispositivi, non innescano alcuna reazione e sono perciò quel minimo residuo azotico che resta sempre mescolato all’ossigeno. Non c’è dunque necessità dei travasi ulteriori fra eudiometro e “tubetti” ai quali negli esperimenti precedenti Spallanzani era stato costretto per avere completo assorbimento d’aria vitale (introducendo probabilmente variabili parassite). Il merito è delle note “boccette a turacciolo smerigliato”, che vengono ora citate in modo esplicito per la prima volta dopo la loro introduzione. Non erano mai state

nominate negli appunti precedenti, quando infatti la novità procedurale non *doveva* risaltare, non avendo soddisfatto le attese. I risultati sono giusti, il metodo è quindi impeccabile e la conclusione inoppugnabile:

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 Götting, 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. (MC, pp. 392-393).

L'archiviazione delle fatiche passate è infine radicale: "tutti e poi tutti quelli argomenti non valgon nulla, e li considero come non fatti" (MC, p. 392). Ciò che decide non è dunque la bulimia osservativa né l'ipertrofia delle metodiche altrui. Spallanzani resta infatti ben lontano dalla varietà e molteplicità di moduli sperimentali che Götting applica (e che infatti non lo pongono al riparo dall'errore). Ciò che decide è l'uso dell'innovazione, che costruisce "il fatto [...] costante" e consente finalmente di identificare il dato avverso per "accidentale combinazione" (MC, p. 390).

6. *Il cerchio (non) si chiude*

Conseguita la certezza, Spallanzani compila l'ennesimo ristretto (MC, pp. 393-396) e questa volta le "tracce" per i vari capitoli sono per lo più mirate alla contestazione sistematica di Götting come sarà condotta pubblicamente. Di sicuro posteriore al 7 settembre è anche la redazione di una bozza (MC, pp. 396-406) del solo capitolo che nella minuta precedente aderiva alle tesi tedesche e che ora invece contesta la metamorfosi dell'ossigeno in azoto. È perciò presumibile che l'autore dedichi i mesi autunnali all'ultima redazione del suo *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Götting*, di cui riceverà le copie ai primi del nuovo anno⁴⁴. Il "libretto" – come l'autore lo definisce – viene composto a Scandiano, dove Spallanzani si rifugia a seguito degli sconvolgimenti politico-militari che gli impongono la fuga da Pavia senza strumenti ("a riserva dell'eudiometro") e senza "un sol libro"⁴⁵. Malgrado le fortunate circostanze, il saggio chiude al meglio

⁴⁴ Spallanzani a Senebier, 21 gennaio 1797 (C, vol. VIII, p. 375).

⁴⁵ Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (ivi, p. 392).

un'operazione che è di massima intelligenza nella normalizzazione dei fatti, grande perfidia nella distruzione sistematica del professore di Jena e che rappresenta, al di là delle stesse intenzioni iniziali, l'*endorsement* più radicale per le tesi della nuova chimica⁴⁶.

La contestazione francese di Götting, letta all'Institut de France il 31 gennaio 1796, sarà pubblicata sulle "Annales de chimie" solo il 28 febbraio 1797⁴⁷. Spallanzani ne avrà informazione da Senebier cinque mesi dopo, ne sarà compiaciuto, ma non mostrerà fretta particolare di leggere la memoria⁴⁸. Nel prosieguo del carteggio non si tornerà più sulla questione e altri temi di chimica e biochimica devieranno l'attenzione di en-

⁴⁶ Il saggio, malgrado il timore di scarsa circolazione "per essere scritto in italiano" (ivi, p. 394), avrà notevole successo di pubblico, con estratti e recensioni in Germania (cfr. per es. le "Göttingische Anzeigen von gelehrten Sachen", 1798, I, pp. 493-496) e in Francia. Sulle "Annales de chimie" una nota di Giambattista Venturi (1746-1822) comparirà a tamburo battente (*Examen chimique des expériences de M. Goettling sur la lumière du phosphore dans les différents gaz, etc.; par le citoyen Spallanzani*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 22, 1797, pp. 246-257).

⁴⁷ A.-F. de Fourcroy, Louis-Nicolas Vauquelin, *Examen des expériences faites en Allemagne sur la prétendue combustion dans le gaz azote*, "Annales de chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent", 21, 1797, pp. 189-220. La prima ampia confutazione teorico-sperimentale della dottrina di Götting è però contenuta in Carl Christoph Friedrich von Jäger, Alexander Nicolaus Scherer, *Über das Leuchten des Phosphors in atmosphärischen Stickgas. Resultate einiger darüber angestellten Versuche und Beobachtungen. Nebst Dr. Christoph Heinrich Pfaffs Bemerkungen zu Hrn. Professor Göttings Schrift Beytrag zur Berichtigung der antiplogistischen Chemie*, Weimar 1795. Essa precede sia la contestazione francese sia il *Chimico esame* e verrà pubblicata proprio in Germania. Totalmente privo di base sperimentale è invece Gioacchino Carradori, *Opposizioni al sistema di Götting*, "Giornale fisico-medico", 4, 1795, pp. 75-78. A partire parimenti dal 1795 il dibattito sarà assai vivace sulle pagine del "Neues Journal der Physik" di Friedrich Albrecht Carl Gren (1760-1798) e delle "Chemische Annalen" di Lorenz Florenz Friedrich Crell (1744-1816), ricche d'interventi sulla combustione del fosforo e pure di attacchi a Götting. In Italia gli allievi di Giobert ripeteranno le esperienze nel 1796 (cfr. *Articolo di lettera del Sig. G.A. Giobert al Sig. Brugnatelli sopra diverse nuove esperienze di chimica*, "Annali di chimica e storia naturale ovvero raccolta di memorie sulle scienze, arti e manifatture ad esse relative di L. Brugnatelli", 11, 1796, p. 265) e, dopo Spallanzani, non pochi ritireranno il favore già concesso a Götting: cederà Brugnatelli (scientificamente un minore, ma con un ruolo di primo piano nella comunicazione e nella politica della scienza) e ritratterà lo stesso Volta. Brugnatelli non riferirà la svolta al *Chimico esame*, ma a proprie esperienze, complementari rispetto a quelle esposte da Fourcroy e Vauquelin (cfr. Luigi Valentino 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", 13, 1797, pp. 275-294, nonché la sua nota alla traduzione italiana del cit. *Examen* di Fourcroy e Vauquelin, in ivi, p. 3) e pure Volta citerà cimenti sul fosforo personalmente eseguiti nel marzo del 1796 (Alessandro Volta, *Le opere [...] Edizione nazionale*, vol. VII, Hoepli, Milano 1929, pp. 255-266). Né l'uno né l'altro si risolverà tuttavia per un'accettazione piena della chimica lavoisieriana.

⁴⁸ Senebier a Spallanzani, 16 giugno 1797 e Spallanzani a Senebier, 28 luglio 1797 (C, vol. VIII, pp. 390-393).

trambi i corrispondenti. Sarà tuttavia sufficiente che nel 1798 il collega Luigi Valentino Brugnatelli (1761-1818) tenti di coinvolgere Spallanzani in una malaccorta manovra antilavoisieriana, perché il biologo torni a citare il *Chimico esame* quale testimonianza "irrefragabile" della sua adesione alle parole della chimica francese⁴⁹.

Il 20 dicembre 1796 l'inchiesta sulla respirazione animale riprende come se non ci fossero state soluzioni di continuità e non sarà mai più interrotta sino al 4 febbraio di tre anni più tardi. E con essa riprendono i dubbi sul surplus d'azoto prodotto dove non dovrebbe. Ora, anzi, la faccenda è ancora più enigmatica. Il lavoro sui gas ha distrutto la soluzione tedesca e confermato appieno la teoria lavoisieriana della combustione. Esso quindi non può avere le ricadute auspiccate proprio su ciò da cui tutto ha preso avvio, vale a dire il mistero dell'azoto, inerte eppure attivo nel processo respiratorio. In un programma di "Esperimenti da realizzarsi intorno agli animali letargici" (MC, pp. 482-489), probabilmente steso in modo discontinuo fra il 21 dicembre 1796 e il 25 marzo dell'anno successivo, Spallanzani rimette la questione all'ordine del giorno e annuncia una modifica di procedura che quadra con le nuove competenze. Per escludere che l'aria espirata sia contaminata da azoto atmosferico, bisogna evitare il passaggio del gas dal dispositivo pneumatico all'eudiometro e inserire l'animale direttamente in quest'ultimo. Ciò richiederà innanzi tutto opportune modifiche degli apparati. Saranno necessari "tubi lunghi da serpenti" (MC, p. 485), "tubi brevi fatti fare apposta" (MC, p. 738) e diversi vetri da eudiometro dovranno essere rieseguiti alla fornace per adattarli a specie particolari. La nuova procedura irrompe presto nella routine.

"Finalmente ho trovato un metodo sicuro per sapere se gli animali nel chiuso mandano fuori gaz azotico" – annuncia trionfalmente Spallanzani il 26 gennaio 1797 (MC, p. 426). Un pugno di lombrichi viene fatto passare attraverso il mercurio ed è posto in un eudiometro riempito d'aria comune. Dopo un confinamento di trentasei ore, lo scienziato rimuove i vermi e al metallo liquido sostituisce l'acqua, che sale sino a 15 gradi e dà con buona approssimazione (essendo invero più leggera del mercurio) l'assorbimento d'aria vitale realizzato dagli animali. Il fosforo compie la distruzione dell'ossigeno residuo e il lavaggio in acqua di calce asporta l'aria fissa prodotta. A questo punto, fatti due conti, il risultato è ad effetto: "li lombrichi hanno assorbito d'aria azotica gradi 5: tanto è lungi che dato ne abbiano" (MC, *ibidem*). Non resta quindi che fare debita applicazione del "metodo sicuro" anche alle altre specie.

⁴⁹ L. Spallanzani, *Lettera [...] al cittadino Van-Mons di Bruxelles*, in O, vol. VII, p. 239.

Il consumo d'azoto si conferma con gli animali vivi; rane, bruchi e vipere (morte prima o dopo essere state collocate negli eudiometri) dimostrano invece la perfetta neutralità dell'azoto, ma il sovrappiù ricompare sia con un sorcio morto, sia in altri casi senza regola apparente e con grande sconcerto di Spallanzani. Il 4 febbraio 1797 il risultato è il medesimo nel primo esperimento eseguito con aria espirata dal biologo medesimo (ovviamente vivo). Dubbi tornano quando la temperatura sotto lo zero blocca nelle carcasse l'assorbimento dell'ossigeno e la formazione di gas acido carbonico, ma rinnova la produzione di azoto, segnalata dalla discesa del mercurio. Resta il dubbio che si tratti di gas trattenuto nei corpi o sulla loro superficie: e infatti una quantità di topi viene accuratamente spremuta sotto il metallo liquido. Per la verità, qualche bolla ancora si verifica in cima ai tubi contenenti i cadaveri, ma si tratta di variazioni accettabili, fenomeni giudicati men che modesti e incapaci di fare la differenza.

Il programma sopra citato prevedeva pure di confinare animali morti in puro azoto. Il 17 gennaio Spallanzani procede, ma nel dispositivo idropneumatico il livello rimane inalterato e lo stesso esito si ha in idrogeno. Non si capisce perché le cose vadano all'opposto in aria vitale: "Sarebbe mai piuttosto il gaz ossigeno che si convertisse in azotico? Ma qui nascono difficoltà" (MC, p. 424). Non stupisce invece che il sovrappiù d'azoto sia notevole nel caso della putrefazione: la faccenda "per sé è chiarissima" – scrive Spallanzani il 29 marzo 1797 (MC, p. 462) – essendo tale gas fra gli elementi costitutivi della materia organica, che lo libera decomponendosi. Pure i gusci delle uova e le conchiglie degli animali producono e consumano azoto senza regola al punto da richiamare in causa l'imprecisione dell'eudiometro a fosforo, che l'inchiesta chimica ha segnalato *ad abundantiam* e di cui invece non s'era più detto. I riscontri proseguono infatti con il dispositivo ad aria nitrosa, ma alla fine il biologo si arrende a una distruzione di azoto pari alle sette parti centesime di cui il livello nell'eudiometro sale oltre la quantità dell'ossigeno atmosferico assorbito.

L'instancabile moltiplicazione dei casi non consente generalizzazioni sostenibili: "nella serie immensa delle mie sperienze, non sono sicuro della produzione dell'aria azotica ottenuta" – scrive desolato Spallanzani il 3 giugno 1797 (MC, p. 602). Vita, morte, destrutturazione e decomposizione non corrispondono mai a una progressione sicura e determinata dello scambio gassoso. 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 pro-

dotte, ora assorbite). Una funzione matematica che legghi tutti i dati è inarrivabile. 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 in totale varietà e, a partire dalla primavera del 1798, la sperimentazione perde l'andamento seriale. Spallanzani rivede e ridefinisce, ma non è in grado di chiudere nessuno dei numerosi fronti tuttora aperti.

Beninteso: la non univocità degli elementi raccolti connota l'inchiesta generale sulla respirazione come molte altre seguite dall'autore. Ma solo in questo caso lo scienziato subisce lo scacco perché cerca e ovviamente non trova la legge universale all'altezza del grande trattato, promesso e mai scritto. Ben diverso è il caso specifico della battaglia con l'azoto. Qui Spallanzani non cerca canoni generalissimi, ma neppure trova quello che altrove aveva sempre trovato, vale a dire criteri che selezionino le variazioni accettabili e isolino l'inessenziale. Spallanzani muore l'11 febbraio 1799, a sette giorni dall'ultimo passaggio in laboratorio e lascia proprio due gusci d'uova confinati in azoto che non producono alcunché, simbolo perfetto della norma inafferrabile, della ricerca sospesa e del tempo che manca.