

È sempre razionale credere negli esperimenti?*

1.

Il romanziere inglese E. M. Forster ha scritto un divertente saggio nel quale descrive come Voltaire e la sua amica Marchesa di Châtelet si cimentarono, circa duecento anni fa, in esperimenti per determinare il peso del fuoco¹. Mentre il vecchio Marchese dormiva, Voltaire e la Marchesa (in separati laboratori, è bene notare) fecero una serie di esperimenti con i migliori strumenti a disposizione nel XVIII secolo. Essi bruciarono sostanze di diverso genere, pesandole attentamente sia prima sia dopo il processo. In alcuni casi il peso aumentava, in altri diminuiva, in altri ancora, per quanto potevano constatare il peso restava inalterato. Essi rimasero molto perplessi per questo risultato, e non sapevano come utilizzarlo. Forse le loro bilance non erano abbastanza precise o gli atomi di fuoco non erano piuttosto sfuggiti attraverso i pori dei contenitori di vetro?

Oggi ogni studente sa che il fuoco non si può pesare e noi sorridiamo davanti agli esperimenti notturni di Voltaire e della Marchesa. Noi sappiamo che il fuoco non è un tipo di materia ponderabile come l'aria, l'acqua, la terra. Nessun miglioramento delle nostre misurazioni può spe-



William Shea

rare di dare un determinato peso all'elemento fuoco. Tuttavia Voltaire non affer-
rò questo punto fondamentale, e non dobbiamo dimenticare che Voltaire non era solo un uomo di lettere, che si interessava di qualcosa che non capiva: egli possedeva una perfetta conoscenza delle idee dei maggiori scienziati del suo tempo e il suo *La philosophie de M. Newton* fu l'opera che fece conoscere Newton in Francia e che gli fece avere un largo consenso in Europa. L'affascinante ed elegante Marchesa di Châtelet non era certamente la superficiale «*femme savante*» della quale Molière ci ha

lasciato un ritratto, ma era proprio la traduttrice matematicamente raffinata dei *Principia Mathematica* di Newton.

* Tratto da: *Nuova civiltà delle macchine*, 3-4, 1986

2.

Ad un insigne chimico fu una volta chiesto come avrebbe persuaso Voltaire e la Marchesa che i loro esperimenti erano inutili. La sua risposta è istruttiva: «Avrei suggerito ad essi di usare il loro buon senso». Ma il buon senso ai tempi di Voltaire non era e non poteva essere eguale al nostro. Fu solo dopo alcuni decenni che il chimico francese Lavoisier creò la nostra comune nozione di fuoco, proprio come Newton, prima, aveva creato la nostra comune rappresentazione del sistema solare. Se, retrospettivamente, a noi appare ovvio che il fuoco non può essere pesato, noi dovremmo guardare a questa ovvietà con sospetto.

3.

Un modo per considerare questo punto consiste nel chiederci come avremmo spiegato a Voltaire, in termini che egli e gli altri scienziati del XVIII secolo avrebbero potuto comprendere, che la sua indagine era destinata al fallimento. Finché l'ossigeno non fosse stato scoperto, avremmo certamente faticato a spiegarglielo! In verità, per convincere Voltaire che non c'era alcun senso nel pesare il fuoco, avremmo dovuto inventare la chimica, cosa che fu fatta solo cinquant'anni dopo. Avremmo dovuto dimostrare che il fuoco non è una sostanza, bensì un *processo*, un *cambiamento di stato*, non uno stato della materia: in altre parole, che il fuoco è la manifestazione dell'ossidazione, cioè la combinazione dell'ossigeno con qualche altra sostanza, e non un tipo particolare di materia. Ma tutto ciò avrebbe implicato una teoria completamente nuova, un completo distacco dal modo comune di considerare i fatti. Lo stesso linguaggio degli esperimenti sarebbe stato alterato. Nel XVII secolo come nel XVIII sembrava ovvio che il fuoco avesse un peso; l'unico problema era quello di escogitare dei modi per determinarlo. Galileo Galilei, per esempio, credeva che un corpo perdesse peso se riscaldato, poiché un corpo caldo emetteva dei corpuscoli assai piccoli di fuoco. Quando uno dei suoi oppositori, il gesuita Orazio Grassi, pesò un pezzetto di rame su una bilancia molto sensibile, prima e dopo averlo scaldato mediante colpi di martello sino a renderlo una laminetta incandescente, e scoprì che nessun peso era andato perduto, Galileo non si scompose. «Non mi sorprende» disse, «che la bilancia non riveli alcuna differenza di peso: in mezz'ora di martellamento può essere andato perduto tanto peso quanto da un anello d'oro portato al dito per due mesi; la perdita, comunque reale, non può essere scoperta da una bilancia»². Nel suo *Saggiatore* Galileo menzionò altri casi che riteneva egualmente convincenti: l'oro perduto da un bottone dorato dopo un certo numero di settimane d'uso è tanto autentico quanto impercettibile; il profumo di una palla d'ambra o di muschio che si spande in numerosissime stanze e anche strade («empirà d'odore mille stanze e mille strade») senza che si perda niente del suo peso apparente³. Sembrava ovvia a Galileo l'esistenza di atomi di fuoco. Come potremmo spiegare altrimenti che una sottile lamina di metallo posta in fondo ad un recipiente pieno d'acqua è spinta verso l'alto quando l'acqua viene riscaldata? La spiegazione di Galileo consiste nel sostenere che gli atomi di fuoco sprigionati dal carbone incandescente o dal legno passano attraverso il vetro e spingono la striscia di metallo verso l'alto⁴. Perché questi atomi possono anche essere visti! Ecco l'esperimento che

Galileo offre come «qualche raggio di luce» a uno dei suoi oppositori, ch'egli tratta con la condiscendenza adatta a chi è «assuefatto a vivere nelle tenebre». Una bottiglia dal collo lungo e stretto è riempita d'acqua fino a metà e posta sul fuoco. Si vede l'acqua alzarsi di livello molto prima che raggiunga l'ebollizione: «volendo poi *veder sensatamente* da che derivi questo ricrescimento, andate con diligenza osservando, e *vedrete* che secondo che gli atomi di fuoco si vanno moltiplicando per l'acqua ed aggregandosene molti insieme, formano alcuni piccoli globettini, li quali in gran numero vanno ascendendo per l'acqua. [...] *Questi*, Sig. Colombo, *non sono, come vi credete, vapori generati da alcune parti d'acqua*, che, mediante la qualità calda del fuoco, si vadia in quelli risolvendo e trasmutando: il che è manifesto, perché se, doppo che se ne saranno andate moltissime migliaia, voi rimuoverete i carboni ed aspetterete che anco gli altri, che più sparsamente, e per ciò invisibili, per l'acqua erano disseminati, si partano loro ancora, vedrete l'acqua andar pian piano abbassandosi, e finalmente ridursi al segno medesimo che notaste nel collo del gozzo, senz'essere scemata pur una gocciola; e se voi mille volte tornerete a far tal operazione, vedrete passar per l'acqua milioni di tale sferette di fuoco, senza che l'acqua scemi mai un capello»⁵. Non c'è dubbio, dal tono usato in queste pagine, che Galileo non teneva in gran conto la razionalità di coloro che negavano di aver visto i suoi atomi di fuoco.

4.

Circa cinquant'anni più tardi, troviamo il grande chimico inglese Robert Boyle fare esatti e scrupolosi esperimenti per «rendere il fuoco e la fiamma stabili e pesabili». I suoi esperimenti alla fine diedero un risultato positivo ed egli concluse che aveva pesato gli aguzzi e penetranti corpuscoli di fuoco. I suoi metodi erano esatti e scrupolosi. Otto onces di stagno furono attentamente pesate e poste in un recipiente di vetro, che fu ermeticamente sigillato per evitare che il fumo fatto dal fuoco potesse entrare nel recipiente e ne modificasse il contenuto. Poi, il recipiente fu riscaldato fortemente sul fuoco: «Il metallo fu tenuto in fusione per un'ora e un quarto, come (essendomi impossibile essere lì per via di un gruppo di amici stranieri) l'aiutante affermò. Non volendo rischiare il vetro ulteriormente, esso fu tolto dal fuoco e quando si raffreddò, il sigillo fu rotto [...]. Il recipiente e la calce furono pesati insieme nello stesso modo e con attenzione e scoprimmo che il peso era aumentato di 23 grani, e anzi, tutto il residuo che potemmo facilmente separare, pesato separatamente, non ammontava a 4 scrupoli, o 80 grani»⁶. Il metallo era aumentato di 23 grani. Da dove poteva venire questo sovrappeso? Niente era stato fatto al recipiente se non riscaldarlo. Dove poteva andare a cercare Boyle la fonte del sovrappeso se non nel fuoco? Le «particelle di fuoco» dovevano essere penetrate attraverso il vaso di vetro ed essersi stabilite nel metallo.

5.

Un secolo dopo Lavoisier faceva un simile esperimento per arrivare però ad una diversa conclusione. Entrambi gli scienziati notarono l'aumento di peso che avviene

quando un metallo è trasformato in calce (che noi chiamiamo ossido) dal calore. Entrambi si posero la stessa domanda, cioè «da dove viene il sovrappeso?». Tuttavia essi cercavano cose diverse ed interpretarono i loro risultati alla luce di ciò che era *razionale* nelle loro rispettive strutture teoriche. Fatto sta che essi furono in grado di ottenere la stessa prova anche se per scopi diversi. Certamente Lavoisier fece qualcosa che Boyle non pensò di fare. Egli pesò il recipiente e il suo contenuto prima di riscaldarlo (come anche Boyle aveva fatto) ma lo pesò anche dopo averlo riscaldato e prima di rompere il sigillo. Ciò rivelò che nessuna variazione di peso si era avuta durante il riscaldamento: ogni peso aggiuntivo era venuto dall'aria entrata nel recipiente passando attraverso il sigillo rotto. Lavoisier poté così affermare che il sovrappeso non proveniva dal fuoco. Ma il fatto significativo è che Boyle non fece mai l'osservazione di Lavoisier perché il suo schema razionale non la richiedeva. Il ruolo della sperimentazione è infatti di dare delle risposte a delle domande e tutte le sue domande riguardavano il fuoco, non l'*aria* nel recipiente. Gli esperimenti parlano solo il linguaggio della teoria nella quale sono incorporati, ed è spesso facile mettere loro delle parole in bocca.

6.

Uno dei maggiori problemi concettuali, ben entro il XVIII secolo, fu l'incertezza che esisteva attorno alle nozioni di «sostanze materiali» e «agenti immateriali».



Antoine-Laurent Lavoisier

Come si poteva distinguere la materia da agenti incorporei? Furono usati due criteri, spesso tacitamente, per identificare la materia. Il primo e più liberale criterio riconobbe come materia qualsiasi cosa potesse produrre un effetto fisico. Caldo, freddo o magnetismo furono fatti derivare da corpuscoli «caloriferi», «frigoriferi» o «magnetici». Ma questo primo criterio era chiaramente troppo ampio perché escludeva, per sua stessa definizione, la possibilità di «agenti incorporei». Per esempio, costringeva ad accettare un campo magnetico come «corporeo» anche se non pesava e poteva essere attraversato senza resistenza. Il secondo criterio scelse di ammettere come «corporeo» solo quelle cose che hanno una massa e, siccome la massa è intimamente legata al peso ($P = mg$), ciò significava, in pratica, che essere corporeo

equivaleva ad essere *ponderabile*. Un altro modo di formulare questo secondo criterio era di definire corporeo ciò che è soggetto alla gravità. A ciò fecero appello i newtoniani, che ponevano l'accento sulla gravitazione universale, ma il fatto non fu accettato all'unanimità. Lo stesso Newton parlò di particelle di luce e di particelle di etere e non è affatto chiaro che egli avrebbe escluso la nozione di corpi

imponderabili. Alla nozione di massa, così importante in dinamica ed astronomia, occorre molto tempo per rivelare il suo importante valore in chimica. Nel XVIII secolo gli scienziati non erano ancora d'accordo a proposito dell'aria che si respira. Che cosa è veramente «corporeo»? Non sorprende, quindi, che fuoco e fiamma, caldo e freddo potessero essere sembrati problematici.

7.

Fra il 1700 e il 1750 i chimici lottarono con l'aria ed i gas. Gran parte del progresso è dovuto al semplice espediente inventato dal pastore anglicano Stephen Hales. Come altri chimici suoi contemporanei, Hales inizialmente raccolse i gas in contenitori precedentemente riempiti di aria, e il risultato fu che mai egli poté essere sicuro di non essere finito con una miscela di diversi gas. Ciò era frustrante; così Hales cercò un metodo migliore. Egli poi ebbe l'ingegnosa idea di far gorgogliare i gas, come facciamo oggi, in un recipiente pieno d'acqua. Se si cominciava con il recipiente completamente pieno d'acqua, le «arie» provenienti da varie parti potevano essere raccolte in forma pura e trattenute per un successivo esame. Quando alcune delle «arie» studiate si dimostravano solubili in acqua, il recipiente veniva riempito di mercurio e le «arie», gorgogliando, venivano fatte uscire e intrappolate sopra il mercurio. Questo insolito apparato produceva gas così facilmente maneggiabili come se si trattasse di liquidi o solidi. Questa fu una scoperta fondamentale, poiché gli «spiriti selvaggi», che erano sfuggiti a Van Helmont un secolo prima, potevano ora essere domati e ingabbiati. Ora gli esperimenti procedettero velocemente. Il gas emanato durante la fermentazione alcolica fu ritenuto lo stesso prodotto del carbone bruciato (il nostro CO_2), l'aria infiammabile (il nostro idrogeno) fu isolata da Henry Cavendish, l'aria viziata (il nostro azoto), l'aria nitrosa (il nostro CO) e l'aria nitrosa deflogistizzata (NO_2) da Priestley.

L'espressione «aria nitrosa deflogistizzata», per intendere il pesante gas rosso-marrone che noi chiamiamo biossido di azoto, ci fa fermare un attimo. Che cos'è questo flogisto, e qual è oggi il suo nome? Alla seconda domanda è facile dare risposta: il flogisto è tuttora chiamato così; la prima domanda è più difficile, perché noi oggi crediamo che il flogisto sia nient'altro che un nome.

8.

La teoria del flogisto dominò il campo della chimica per più o meno cento anni. Fu formulata dal chimico tedesco Georg Ernst Stahl attorno al 1700 e fu costruita sopra una buona e stabile testimonianza osservativa di ciò che succede ai metalli quando vengono riscaldati ad alta temperatura e alla legna o carbone quando vengono bruciati. Praticamente tutti i metalli possono essere ridotti in cenere tramite riscaldamento anche se non sono infiammabili nel comune senso della parola. La cenere metallica prese il nome di *calce* e il processo fu detto di *calcinazione*. Legno, olio e carbone e altre sostanze che bruciano con viva fiamma lasciano un residuo chiamato semplicemente «ceneri» e tale processo è definito di *combustione*. Molti alchimisti hanno insegnato

che il primo processo (calcinazione) rappresentava la perdita di «mercurio» la cui presenza conferiva ai metalli la loro caratteristica coesione e lucentezza, mentre il secondo processo (combustione) comportava la perdita di «zolfo» la cui presenza dava solidità e combustibilità. Stahl concluse che la calcinazione, o il bruciare di un metallo, doveva essere spiegato in modo simile alla combustione del legno o di qualsiasi altro corpo. Non c'erano quindi due distinte sostanze prodotte, ma solo una, che egli chiamò flogisto («bruciato» dal greco φλογίζειν, infiammarsi). Il flogisto fu così sia il «principio della metallizzazione» sia il «principio della infiammabilità». Quando un metallo si è arrugginito o un combustibile è stato bruciato, il flogisto si separa da esso e si trasforma in cenere. Da ciò derivava che i metalli erano corpi composti, ciascuno composto da due elementi: flogisto e calce. Metalli diversi avevano per natura diverse calce, ma la doppia composizione era comune a tutti i metalli. Olio, carbone, grassi, ecc., che bruciano quasi completamente lasciando un minimo residuo, erano, per questa stessa proprietà molto ricchi di flogisto. Quindi, se una calce metallica era riscaldata con carbone, ci si doveva aspettare che il carbone avrebbe ceduto parte del suo flogisto alla calce riconvertendola così in un metallo. Che la calce metallica potesse «rinasce» in questo modo era noto da secoli ma solo ora se ne aveva finalmente una spiegazione razionale.

9.

Il flogisto era «corporeo» o «incorporeo»? Cavendish accettò la prima ipotesi e per qualche tempo identificò il flogisto con la sua «aria infiammabile» (idrogeno). Tuttavia i fatti erano imbarazzanti; un metallo che si trasformava in calce, perdendo il suo flogisto, in realtà acquistava peso, e quando una calce era «ridotta» a metallo tramite assorbimento di flogisto, si scopriva che pesava meno! La conclusione che il flogisto avesse un peso negativo sembrò inevitabile. Questo è già sufficiente per farci sembrare questa faccenda uno scherzo e lasciare che il flogisto si dissolva in una risata. Ma il nostro senso dell'umorismo è condizionato dalla nostra implicita accettazione dell'analisi newtoniana della materia e dal nostro rinvio alla massa come una pietra di paragone della materialità. Gran parte dei chimici del XVIII secolo, tuttavia, sentivano che «peso» e «massa» potevano essere importanti nella fisica ma dovevano ancora dimostrarsi utili in chimica. Richard Watson, professore di Teologia (!) nell'Università di Cambridge, proclamò nei suoi *Chemical Essays* del 1781 che era sbagliato pretendere di imbottigliare il flogisto come se si trattasse di aria: «Non vi aspettate di sicuro che la chimica possa essere in grado di presentarvi con una manciata di flogisto separato da un corpo infiammabile; altrettanto ragionevolmente potreste richiedere che una manciata di magnetismo, di gravità o di elettricità venisse estratta da un corpo magnetico, pesante o elettrico; ci sono poteri nella natura che non possono altrimenti diventare oggetti di senso, che per gli effetti che producono, e il flogisto è uno di questi»⁷. Sarebbe imprudente liquidare alla brava questo argomento: esso è del tipo di quello che Newton usò per evitare la «critica» di Leibniz secondo cui l'«attrazione» era una mera qualità «occulta».

10.

Il chimico francese Gabriel de Venel, che scrisse l'articolo «Chymie» per la tanto influente *Encyclopédie* di Diderot, fu più fiducioso di Watson e non trovò difficoltà nell'estrarre il flogisto da un corpo incandescente: «Un carbone infiammato è tanto poco fuoco quanto una spugna imbevuta d'acqua è acqua; poiché il chimico può togliere al carbone il principio dell'infiammabilità, cioè il fuoco, e mostrarlo separato, altrettanto bene che strizzare l'acqua da una spugna e raccogliarla in un vassoio»⁸.

Quando si strizza una spugna si può determinare la quantità di acqua estratta misurandone il volume. Ma come si può determinare la quantità di materia conservata nelle reazioni chimiche? Tramite il volume? Certamente no: perché due grandi volumi di gas si combinano per dar vita a poche gocce d'acqua. Tramite il peso? Ma del peso è nota la relatività. Tramite *la massa*, allora? Non necessariamente, dal momento che si doveva ancora decidere se «materiale» implicava «avente massa». Senza un criterio ben determinato, la frase «quantità di materiale» perdeva rigore.

11.

A questo punto entra in scena il chimico francese Antoine-Laurent Lavoisier. Invece di preoccuparsi troppo circa le definizioni teoriche, Lavoisier cominciò con l'accettare come sostanza materiale tutto quello che in pratica può essere conservato. Questo porta a risultati che, dal nostro punto di vista, sono curiosi. Poiché il calore, sebbene apparentemente manchi di massa, fu conservato in maniera dimostrabile egli lo accettò come una forma genuina di materia che chiamò calorico. Nel suo *Traité élémentaire de chimie* del 1789 noi troviamo classificati come sostanze semplici non solo i metalli tradizionali ma anche il calorico e la luce. I nuovi gas scoperti, tuttavia, furono classificati come sostanze composte. Indipendentemente dal fatto che alcuni di questi potessero essere scomposti in più di un elemento, il fatto stesso della loro natura gassosa era in generale una prova evidente, per Lavoisier, della loro natura composta. Non era forse chiaro ad ogni osservatore che una materia solida si trasformava in un liquido e un liquido in gas come risultato del calorico (la sostanza del calore), che veniva legato ad una base materiale? Ciò che noi chiamiamo ossigeno, Lavoisier l'ha sempre chiamato gas ossigeno e si preoccupò di spiegare che questo era un composto di calorico latente assieme al «principio» o «base» ossigenica. La sua lista di sostanze semplici non include quindi i gas che noi chiamiamo ossigeno, azoto, ecc., bensì le «basi» che, combinate con il calorico, davano origine a questi gas. Uno dei capitoli del suo *Traité* porta un titolo che appare strano agli occhi del lettore del XX secolo: «Sulla decomposizione del gas ossigeno».

12.

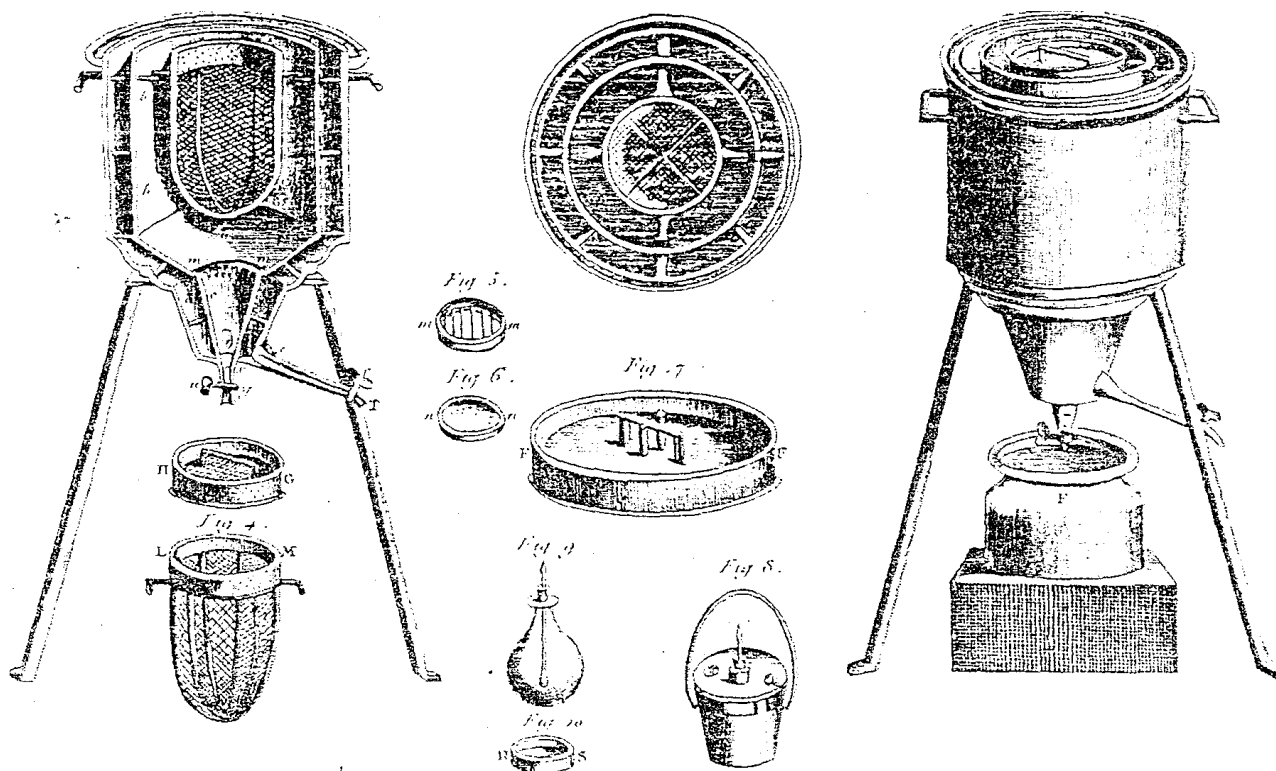
Il presupposto di gran parte delle classificazioni di Lavoisier risiede nella sua convinzione che le sostanze chimiche siano conformi ad un ordine naturale. In questo egli era ispirato dai lavori di botanica e di biologia, dove il concetto delle classificazioni «naturali» aveva rimpiazzato le nomenclature arbitrarie. La tassonomia dello svedese Carl von Linné - Linnaeus, poiché egli universalizzò il proprio cognome in latino, come fece coi nomi delle piante - non si basava più su divisioni quali «frutti», «fiori» e «vegetali», che semplicemente riflettevano gli interessi umani, ma sulle strutture e le forme delle piante stesse. Lavoisier sentì che una simile riforma doveva essere sviluppata anche in chimica, dove le sostanze portavano dei nomi fantastici come «sangue del leone verde» o «sapone della saggezza», nomi che non davano alcun indizio della loro composizione chimica o addirittura portavano fuori strada, come nel caso di «burro di arsenico», ch'era in realtà un veleno mortale. Lavoisier voleva i nomi di «*genus*» e «*species*» per rivelare la loro costituzione. In pratica ciò significava che genere e specie potevano essere identificati attraverso i loro elementi definienti. Questa strategia sembrò eminentemente razionale. Ora però occorre vedere come Lavoisier la usò. Gli acidi per esempio si strutturano in vari modi. Di conseguenza, concluse Lavoisier, essi hanno un principio sia di genere sia di specie. L'elemento di «genere», che Lavoisier presupponeva fosse presente in tutti gli acidi, fu chiamato «principio acidificante», o, in greco, la lingua alla moda tra i dotti, «ossigeno», parola che è giunta fino a noi. Mentre il principio di «specie» o acidificabile era il carbone o lo zolfo che produceva quindi acido carbonico o acido solforico. Ma, senza ossigeno, niente acidi! Questo era vero per definizione, secondo Lavoisier. Sarebbe stato quindi poco razionale negare che il principio acidificante produce gli acidi!

Nondimeno, alcuni decenni più tardi Humphrey Davy mostrò che l'acido muriatico (il nostro acido cloridrico) non contiene ossigeno. La notizia fu meno scioccante di quanto noi ci aspetteremmo, poiché fin da allora la parola ossigeno, ora strettamente radicata nell'indicazione di un gas, poteva essere sottoposta ad un discreto e indolore cambio di significato. Devo ora dire qualche cosa circa questa trasformazione linguistica.

13.

Al fine di raccogliere informazioni oggettive per la nuova classificazione che sognava di stabilire, Lavoisier fece un certo numero di esperimenti nei quali, come Voltaire, bruciò alcune sostanze. Egli fu colpito dal fatto che quando la combustione e la calcinazione avvenivano in un contenitore chiuso, il processo finiva prima che all'aria aperta. E più piccolo era il contenitore, più breve era il processo. Lavoisier trovò anche che i contenitori chiusi ermeticamente pesati prima e dopo la calcinazione dello stagno non mostravano differenze di peso e concluse che l'aumento del peso del metallo non veniva dal materiale del fuoco né da altra materia esterna al recipiente. Similmente ad altri chimici, egli pensava che la calcinazione o la combustione cessavano perché il flogisto che si era formato dal me-

tallo saturava l'aria nel contenitore e la rendeva incapace di favorire un'ulteriore combustione. A questo punto un episodio accidentale venne in aiuto alla razionalità, e cioè la visita a Parigi, nell'ottobre del 1774, dello scienziato inglese e pastore della Chiesa Unitaria Joseph Priestley. Nell'estate di quell'anno, Priestley era diventato il felice possessore di un nuovo, bel «vetro che brucia» o lente convessa.



Un fornello per distillazione
(In A.-L. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, Parigi, 1801)

La tradizione vuole che questa lente fosse stata del Granduca Cosimo III di Toscana, che si era divertito bruciando con essa diamanti dei sudditi. In ogni caso, era veramente una lente potente e Priestley era felice di possederla. In una domenica pomeriggio, dopo aver terminato i suoi doveri ecclesiastici, egli cominciò a bruciare tutto quello che gli capitava vicino nel suo laboratorio. Fra le sostanze con cui fece esperimenti c'era la calce rossa di mercurio, una scelta che lo stesso Priestley descrisse poi come puramente fortuita: «Il contenuto di questa sezione fornirà una illustrazione veritiera di una osservazione che io ho più volte fatto nei miei scritti filosofici e che non è mai troppo ribadire, in quanto incoraggia le ricerche filosofiche; cioè che molto è dovuto a quel che noi chiamiamo caso, ossia, parlando filosoficamente, all'osservazione di eventi che nascono da cause sconosciute, più che da progetti precostituiti o teorie preconcelte»⁹.

14.

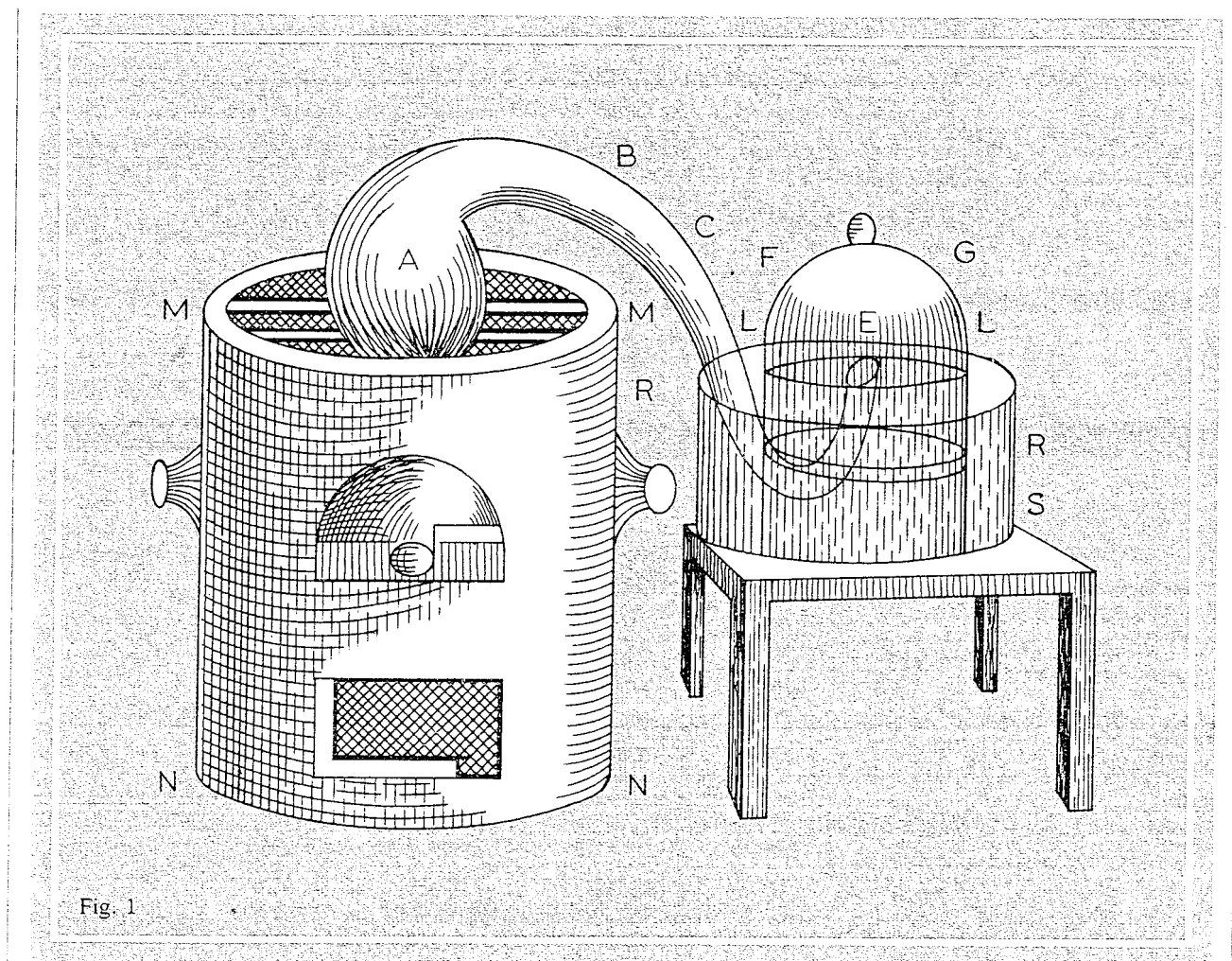
Quando la calce di mercurio veniva scaldata, si formava il mercurio ed un'«aria» incolore veniva espulsa. Priestley raccolse quest'«aria» e tentò di farvi bruciare una candela. Secondo la teoria standard del flogisto, della quale Priestley era un sostenitore, l'aria saturata con il flogisto proveniente dalla calce doveva essere incapace di favorire la combustione.

Fu pertanto molto sorpreso nel vedere che «la candela bruciava in quest'aria con una fiamma di notevole brillantezza»¹⁰. Certamente la conclusione razionale - almeno dal nostro punto di vista privilegiato - era che la teoria del flogisto fosse sbagliata. Priestley stesso aveva messo in guardia contro i pericoli del dogmatismo: «Noi possiamo considerare una massima stabilita così saldamente che anche la più chiara prova sensibile non la cambierà e spesso sarà difficile che modifichi le nostre stesse persuasioni; più un uomo è intelligente, più si farà intrappolare dai suoi stessi errori; la sua ingegnosità lo aiuterà solo ad ingannare se stesso sottraendosi alla forza della verità»¹¹. L'ingegnosità di Priestley era certamente grande ed egli fece in modo di produrre un resoconto dove egli sosteneva sia che il flogisto era reale sia che il nuovo gas era un'aria *deflogistizzata*. L'aria atmosferica ordinaria era dunque non semplice, ma conteneva almeno due elementi.

15.

Questo ci riporta al tempo in cui Priestley visitò Parigi nell'autunno del 1774. Egli pranzò in compagnia del signor Lavoisier e di sua moglie, e descrisse loro le proprietà dell'aria ottenuta riscaldando la calce di mercurio. Lavoisier fu impressionato da questo fatto e decise di ripetere quell'esperimento e migliorarlo. Ecco, nelle sue parole, la descrizione di quella che divenne poi nota come la sua «*expérience par excellence*»: «Presi un matraccio [la storta A della Figura I] di circa 36 pollici cubici di capacità, con un lungo collo BCDE, di diametro di 6 o 7 linee [la «linea» è la dodicesima parte del pollice, il quale equivale a cm 2,54] e ne piegai il collo [come nella Figura 1], perché fosse possibile metterlo nel forno MMNN in maniera tale che l'estremità del collo, E, potesse essere inserita sotto una campana di vetro FG, posta nel contenitore del mercurio RRSS. Introdussi 4 once di mercurio puro nel matraccio e per mezzo di un sifone feci uscire l'aria dal ricevitore FG in modo tale da alzare il mercurio fino a LL e segnai accuratamente l'altezza al quale era arrivato appiccicandovi un pezzettino di carta. Dopo aver accuratamente annotato l'altezza del termometro e del barometro, ho acceso un fuoco nella fornace MMNN, che ho mantenuto sempre per 12 giorni, in modo da tenere il mercurio vicino al punto di ebollizione. Niente di notevole è avvenuto durante il primo giorno: il mercurio, sebbene non stesse bollendo, era continuamente in evaporazione, e copriva la superficie intera del contenitore con delle piccole gocce, dapprima molto minute, che poi diventavano più grandi fino a ricadere nella massa al fondo del contenitore. Nel secondo giorno alcune piccole particelle rosse co-

minciarono ad apparire alla superficie del mercurio e durante i quattro o cinque giorni successivi aumentarono di dimensione e numero, per poi non aumentare più. Alla fine dei 12 giorni, osservando che la calcinazione del mercurio non aumentava più, spensi il fuoco e lasciai che i contenitori si raffreddassero»¹². Lavoisier notò quindi che la comparsa di piccole «particelle rosse» sul mercurio nel matraccio A era accompagnata da una riduzione della quantità dell'aria nella campana di vetro FG. Egli esaminò le particelle e osservò che esse consistevano di calce rossa di mercurio, come Priestley gli aveva detto. Esse pesavano 45 grani. L'aria che rimaneva dopo la calcinazione era $\frac{5}{6}$ del suo volume iniziale e «non era più utilizzabile per la combustione o la respirazione; gli animali che venivano messi in questa aria, soffocavano in pochi secondi e quando una candela veniva immessa in quest'aria, si spegneva come se fosse stata immersa nell'acqua»¹³.



16.

Lavoisier raccolse i 45 grani di materia rossa e la sottopose ad un calore intenso. Questo capovolse il processo: la calce rossa ritornò mercurio e un gas (nella sua terminologia un «fluido elastico») venne emesso e si notò che «era in grado di favorire la respirazione e la combustione meglio dell'aria atmosferica»¹⁴. Infatti, esso aveva tutte le proprietà della sostanza che Priestley aveva chiamato «aria deflogi-

stizzata» e che il chimico svedese Schele (che lo scoprì nello stesso periodo) chiamò «aria empirea».

Lavoisier lo chiamò «aria altamente respirabile», poi «aria vitale» e infine «gas ossigeno», come avevo già indicato prima. Lavoisier concluse: «Nel riflettere circa le circostanze di questo esperimento, noi percepiamo chiaramente che il mercurio durante la sua calcinazione assorbe la parte respirabile dell'aria o, *in termini più esatti, la base di questa parte respirabile*; che la parte di aria che rimane è una specie di esalazione mefitica, incapace di permettere la combustione o la respirazione; per conseguenza, che l'aria atmosferica è composta di due fluidi elastici di diverse e opposte qualità»¹⁵. Per Lavoisier, quindi la calce era prodotta come risultato del mercurio che assorbiva aria respirabile, e non, come Priestley aveva suggerito, dalla cessione di flogisto. Inoltre, l'aria «respirabile» e l'«aria mefitica» non sono, come Priestley aveva supposto, stati alternativi di aria atmosferica, l'una privata di flogisto (deflogistizzata) e l'altra saturata di flogisto. Esse erano sostanze diverse, e noi siamo arrivati a conoscerle con i nomi familiari di ossigeno e di azoto.

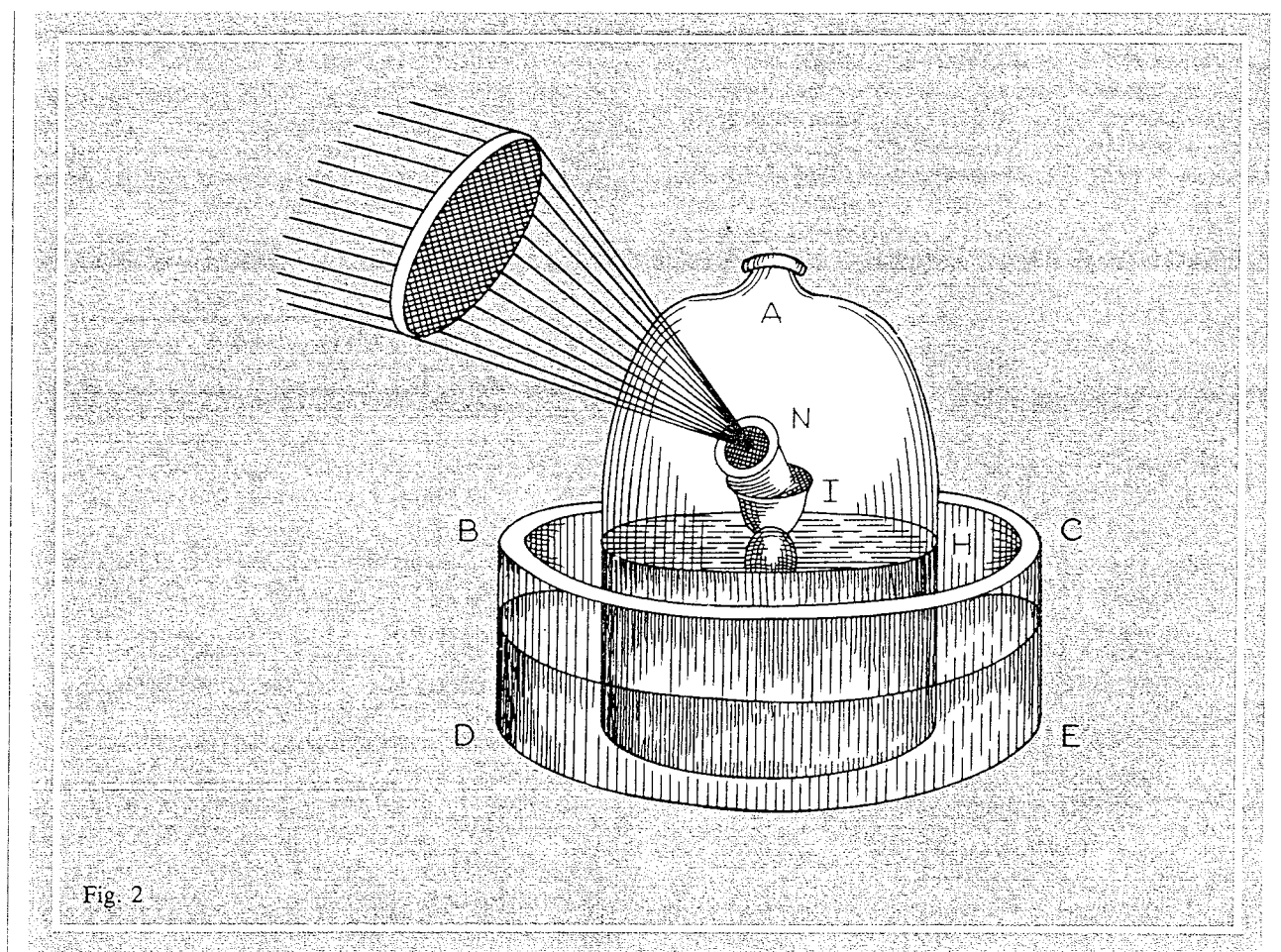
17.

È quindi difficile non credere che gli esperimenti di Lavoisier e la sua interpretazione razionale non abbiano segnato la fine del flogisto. Tuttavia, né Priestley né Schele ne furono convinti in base a ciò che essi consideravano come fondamenti estremamente ragionevoli. Può aiutare a questo punto la tabulazione dei fatti e delle loro possibili interpretazioni verso il 1780¹⁶.

Osservazione	Spiegazione flogistica	Spiegazione di Lavoisier
1) Calcinazione.	Perdita di flogisto.	Guadagno di ossigeno.
2) Costituzione di calce.	Metallo + flogisto.	Metallo + ossigeno.
3) Aumento del peso nella calcinazione.	Il flogisto ha peso negativo.	Dovuto al peso dell'ossigeno assorbito.
4) Calce scaldata con carbone produce metallo e aria fissa [anidride carbonica].	Il carbone cede flogisto alla calce.	Il carbone si combina con l'ossigeno nella calce formando il gas «acido carbonico» e lasciando il metallo.
5) Il flogisto non può essere isolato.	Calore, luce, magnetismo ed elettricità non possono essere isolati.	Non esiste.
6) L'acqua può essere prodotta col fare esplodere una mistura di aria deflogistizzata e di aria infiammabile.	L'aria deflogistizzata è acqua privata di flogisto.	L'acqua è composta di ossigeno e di aria infiammabile (idrogeno).
7) Una fiamma in una limitata quantità d'aria si estingue presto.	L'aria diventa satura di flogisto.	L'ossigeno nell'aria è tutto consumato.
8) La calce di mercurio cede «aria respirabile» e mercurio quando è riscaldata.	Quando il mercurio viene calcificato, il flogisto che viene liberato si combina con l'«aria respirabile» (cioè aria meno flogisto, «aria deflogistizzata») e l'aria deflogistizzata così prodotta rimane nelle particelle di calce. Quando la calce di mercurio è scaldata, «l'aria flogistizzata» è scissa: il suo flogisto si combina con la calce per formare mercurio, mentre l'aria deflogistizzata viene liberata.	L'ossigeno è liberato del metallo.

Le nostre simpatie storiche sono dalla parte del vincitore e noi quasi possiamo «sentire» quanto Lavoisier avesse ragione; ma un'analisi imparziale della tavola sopra riportata ci fa capire che il suo esperimento non era così cruciale come può sembrare a prima vista. Priestley non negava che l'interpretazione di Lavoisier fosse attraente, ma egli insisteva su un esperimento che da un punto di vista flogistico era ancora più convincente. Ecco il suo resoconto in un articolo apparso sulle «Philosophical Transactions» del 1783:

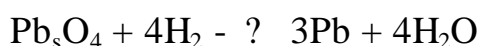
«Pensai che il proiettare il fuoco di una lente convessa sopra una quantità di minio [la calce di piombo, in termini moderni ossido di piombo] circondato da aria infiammabile [il nostro idrogeno]... potesse portarmi vicino al mio oggetto; e nel fare l'esperimento esso subito andò oltre le mie aspettative. A questo scopo misi sopra un pezzo di crogiuolo rotto (che non può emettere aria) una quantità di minio, dalla quale tutta l'aria è già stata estratta [Figura 2] e ponendolo sopra una base adatta, lo introdussi in un recipiente largo, riempito di aria infiammabile, circondato dall'acqua. Appena il minio fu seccato per mezzo del calore proiettato su di esso, osservai che diventava nero, e poi correva in forma di piombo puro; nello stesso tempo l'aria diminuiva velocemente e l'acqua aumentava dentro il recipiente. Considerai questo processo con la più grande e piacevole attesa del risultato, non avendo a quel tempo alcuna opinione stabile sul problema; e quindi non potrei dire, eccetto la prova effettuata, se l'aria si stava decomponendo nel processo in modo tale che altri tipi di aria potessero rimanere, o se essa



potesse essere assorbita *in toto*. Il primo caso mi sembrava più probabile, poiché se esisteva mai simile cosa come il flogisto o aria infiammabile, immaginavo che consistesse di quest'aria stessa e di qualcos'altro. Comunque fui allora soddisfatto che fosse in mio potere determinare se il flogisto nell'aria infiammabile aveva una base o no (cioè se il gas idrogeno era composto di flogisto in combinazione con qualcos'altro o fosse solo flogisto) e nel caso positivo che cosa fosse questa base. Perché nel vedere che il metallo di fatto si ravvivava, e in una quantità considerevole, nello stesso tempo che l'aria diminuiva, io non potevo dubitare che la calce stesse assorbendo qualcosa dall'aria; e che dai suoi effetti nel trasformare la calce in metallo questo qualcosa non potesse essere altro da quello a cui i chimici avevano unanimemente dato il nome flogisto»¹⁷.

18.

Che cosa dobbiamo fare noi di questo esperimento nel quale il *minio* si combina con l'*aria infiammabile* per formare *piombo*? Bene, prima di tutto potremmo desiderare di esprimerlo in termini moderni, come ossido di piombo che si combina con idrogeno per formare piombo e acqua, secondo la formula:



Ora questo chiaramente pregiudica il caso, poiché tutto ciò che Priestley avrebbe potuto scrivere era:



Egli non aveva osservato, l'avrete notato, la formazione di acqua. La ragione è semplice. L'esperimento fu condotto in un recipiente a campana con idrogeno messo dentro un recipiente pieno di acqua. L'ossigeno emesso dall'ossido di piombo combinato con l'idrogeno della campana formava acqua, ma in così piccola quantità, che sfuggì all'osservazione di Priestley. Eppure c'è una cosa nell'esperimento di Priestley che lo rende molto più convincente dell'esperimento di Lavoisier. Nelle sue affascinanti analisi di questo esperimento, Stephen Toulmin mette in evidenza che quando Lavoisier scaldò il mercurio in un contenitore chiuso di aria comune, il volume si ridusse di un sesto; ma quando Priestley fece il suo esperimento con il minio, tutto il gas scomparve¹⁸! Se vedere è credere, Priestley vince sei contro uno rispetto a Lavoisier. Ma naturalmente tutto questo è sbagliato, poiché l'acqua si formava e Priestley non l'aveva notata. L'esperimento di Lavoisier diventa risolutivo non appena si vede ciò; qui è dove la storia diventa interessante se non altrettanto confortante. Priestley alla fine riconobbe che l'acqua si era formata nella reazione e che si era mescolata con l'acqua del recipiente. Nel 1785, egli pubblicò un articolo nelle « Philosophical Transactions», in cui ripudiò la sua supposta identificazione di aria infiammabile (idrogeno) con il flogisto, ma sostenne il resto delle sue credenze flogistiche. Priestley ripeté i suoi esperimenti con calci di mercurio, di piombo e di rame, ma questa volta egli rinchiuso il gas in

un recipiente a campana posto sopra del mercurio invece che dell'acqua. Quando il metallo cominciò a ravvivarsi, l'aria infiammabile scomparve rapidamente e gocce di acqua si formarono sulle pareti del recipiente, in cui l'esperimento veniva realizzato, ma per Priestley, quest'acqua era solo un prodotto secondario. L'esperimento diede gli stessi risultati di prima, cioè che il metallo «contiene flogisto e che esso non era ravvivato dalla mera espulsione di aria deflogistizzata come supponeva Lavoisier»¹⁹.

A questo punto noi potremmo essere tentati di considerare Priestley come un vecchio retrogrado che non voleva riconoscere l'evidenza dei fatti. Ma Priestley non era certo un arciconservatore. In realtà egli aveva sostenuto le idee della Rivoluzione francese, e pagò anche il prezzo di avere la sua stessa casa assalita da una folla inglese inferocita il 14 luglio 1791, anniversario della caduta della Bastiglia. Ciò che impedì a Priestley di abbracciare la teoria dell'ossigeno di Lavoisier non era il timore di cambiare o un appassionato attaccamento alle sue opinioni, ma ciò che egli considerava un'istanza logica. Egli non vedeva alcuna ragione per presupporre che la piccola quantità di acqua fosse qualcosa di diverso da un sottoprodotto: il fenomeno principale era chiaramente l'unione della calce con il flogisto per formare un metallo. Si poteva vedere che la calce assorbiva il flogisto! I sottoprodotti non sono avvenimenti rari, e sono spesso causati da impurità. Priestley non doveva cercare altre spiegazioni. Le scorie di ferro che aveva usato per i suoi esperimenti dovevano aver contenuto un certo ammontare di acqua: «Quando il ferro è fuso nell'aria deflogistizzata, noi possiamo presupporre che, sebbene parte del suo flogisto fugga, per entrare nella composizione della piccola parte di aria fissa [cioè, di anidride carbonica] che si produce, tuttavia ne rimanga abbastanza per formare acqua con l'aggiunta di aria deflogistizzata che esso ha assorbito, così che questa calce di ferro consiste nell'unione intima della pura terra di ferro e di *acqua*, e quindi, quando la stessa calce, così saturata di acqua, è esposta al calore nell'aria infiammabile, quest'aria entra dentro di essa, distrugge l'attrazione fra l'acqua e la terra, e ravviva il ferro, mentre l'acqua è espulsa nella sua forma propria»²⁰.

19.

Nel 1783, Priestley aveva suggerito che il flogisto potesse essere aria infiammabile (idrogeno) o che forse l'aria infiammabile era una combinazione di calorico e di flogisto. Nel 1785, egli era giunto a considerare l'aria infiammabile come l'unione di flogisto e di acqua, in modo che le poche gocce d'acqua che si producevano durante gli esperimenti venissero in parte dalle scorie di ferro, e in parte dall'aria infiammabile.

20.

Chi era il più ragionevole nella sua valutazione degli esperimenti che noi abbiamo appena considerato? Era Lavoisier o Priestley? Io non chiedo chi è il più ragionevole alla luce della storia seguente della chimica, ma chi era il più ragionevole nel suo pro-

prio tempo. Uno studente delle scuole superiori di oggi potrebbe «vedere» l'ossigeno raccolto nella sua provetta quando egli scalda un ossido metallico. Tuttavia, uno dei più grandi chimici di tutti i tempi, Joseph Priestley, insistette fino al giorno della sua morte, nel 1804, col dire che egli aveva «visto» il flogisto che veniva assorbito da una calce metallica scaldata. La sua interpretazione era coerente con i fatti, ma, nel caso che noi potessimo trarre una lezione da questa esperienza, questa è forse che gli argomenti raramente non sono ambigui. Essi dovrebbero essere visti prima di essere creduti, ma, purtroppo, noi non possiamo sempre trattenerci dal vedere ciò che crediamo.

(traduzione di Angela Bagattoni e Letizia Montanari)

¹ E. M. Forster, *Voltaire Laboratory*, in E. M. Forster, *Abinger Harvest*, Edward Arnold, London (1936), pp. 199-211, citato in S. E. Toulmin, *Crucial Experiments: Priestley and Lavoisier*, in «Journal of the History of Ideas», 18, 1957, pp. 215-6. Il presente saggio è stato suggerito da questo notevole articolo.

² G. Galilei, *Postille a L. Sarsi (O. Grassi), Libra astronomica ac philosophica*, in G. Galilei, *Opere*, ed. naz. a cura di A. Favaro, rist. Barbera, Firenze 1964-68, vol. VI, p. 161, postilla 146.

³ G. Galilei, *Il Saggiatore*, in G. Galilei, *Opere*, cit., vol. VI, p. 332.

⁴ G. Galilei, *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono*, in G. Galilei, *Opere*, cit., vol. IV, p. 132.

⁵ G. Galilei, *Frammenti attenenti alla scrittura in risposta a L. Delle Colombe e V. Di Grazia* in G. Galilei, *Opere*, cit., vol. IV, 654-5. Corsivo aggiunto.

⁶ R. Boyle, *New Experiments to Make Fire and Flame Stable and Ponderable*, in R. Boyle, *Works*, 6 voll., London 1772, vol. III, p. 720. Questo è l'esperimento IV degli «Additional Experiments, About Arresting and Weighing of Igneous Corpuscles».

⁷ R. Watson, *Of Fire, Sulphur and Phlogiston*, in R. Watson, *Chemical Essays* VII ed., London 1800, vol. I, p. 167.

⁸ G. F. de Venel, voce «Chymie» in *Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, a cura di D. Diderot, 17 voll., Brisson, Paris 1751-1765, vol. III, p. 419.

⁹ J. Priestley, *The Discovery of Oxygen*, in J. A. Passmore (ed.), *Priestley's Writings on Philosophy, Science and Politics*, Collier Books, New York 1965, p. 139. Questo saggio compare in J. Priestley, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, II ed., London 1776, vol. II, sez. III, pp. 29-49: il brano citato è nel primo paragrafo.

¹⁰ Ivi, p. 142.

¹¹ Ivi, pp. 139-40.

¹² A.-L. Lavoisier, *Elements of Chemistry in a New Systematic Order, Containing All the Modern Discoveries*. trad. ingl. di R. Kerr, W. Creech, Edinburgh 1790, rist. fototipica, Dover, New York 1965, pp. 33-4.

¹³ Ivi, p. 35.

¹⁴ Ivi, p. 36.

¹⁵ Ivi, p. 37. Corsivo aggiunto.

¹⁶ Cfr. Eric John Holmyard, *Makers of Chemistry* Clarendon Press, Oxford 1962, p. 209.

¹⁷ J. Priestley, *Experiments Relating to Phlogiston, and the Seeming Conversion of Water into Air*, in «Philosophical Transactions», vol. 73, 1783, pp. 400-2; citato in S. E. Toulmin, *Crucial Experiments: Priestley and Lavoisier*, in «Journal of the History of Ideas», 18, 1957, pp. 208-9. Corsivo aggiunto.

¹⁸ Cfr. S. E. Toulmin; *Crucial Experiments: Priestley and Lavoisier*, cit., p. 210.

¹⁹ J. Priestley, *Experiments and Observations Relating to Air and Water*, in «Philosophical Transactions», vol. 75, 1785, p. 304; citato in S. E. Toulmin, *Crucial Experiments: Priestley and Lavoisier*. cit., p. 211.

²⁰ Ivi, pp. 299-300; citato in Toulmin, art. cit., pp. 211-2.

DIBATTITO

Carlo Rubbia

A me sembra che tutto questo sia un bel discorso, che ci ha fatto divertire moltissimo, però c'è un problema di fondo.



Joseph Priestley
(incisione di A. Tardieu)

Prima di tutto, direi che le esperienze fatte da questi signori sono esperienze che, ripetute oggi, darebbero lo stesso risultato. Quindi quello che è veramente invariante, a nostra credenza, nel tempo, e sarà vero anche nell'anno 3000, è il fenomeno fisico. Noi crediamo fermamente che il fenomeno fisico, e questa è una cosa che a mio parere non può essere messa in dubbio, è invariante rispetto al

tempo e allo spazio. Pensiamo, ad esempio, che noi crediamo che le stesse leggi fisiche che caratterizzano i fenomeni sulla Terra siano le stesse leggi che caratterizzano i fenomeni in qualunque elemento dello spazio cosmico, e non solo oggi ma anche 15 o 20 milioni di anni fa, fino al Big Bang. Quindi il fenomeno fisico, di per sé, è qualche cosa di perfettamente invariante e tutte le esperienze fatte da questi signori, se ripetute oggi, darebbero lo stesso risultato.

Esiste una costanza del fenomeno fisico di per sé. Quello che cambia non è il fenomeno fisico, ma l'interpretazione del fenomeno fisico; cioè, persone diverse guardano allo stesso fenomeno fisico in maniera diversa. Cambia la teoria, cambia l'interpretazione, ma non cambia l'esperimento, che resta quello che è, quello che è stato fatto. Questa è l'unica cosa che veramente vale: il risultato sperimentale. L'interpretazione è una cosa che ci permette di cambiare con il tempo. Inoltre la misura del peso del fuoco è una misura estremamente interessante. Se questi signori avessero fatto la misurazione come dovevano, avrebbero scoperto la famosa legge di Einstein: $E=mc^2$, avrebbero scoperto che il fuoco, portando energia, ha con sé associata una massa. Quindi in un certo senso non è un'esperienza così inutile. Il nostro tentativo di inquadrare un fenomeno fisico in termini di spiegazione può cambiare, ma il fenomeno rimane quello che è sempre stato.

Shea

È un vivo piacere poter dire ad un grande scienziato, pur con la massima umiltà, che si sbaglia completamente, poiché i fatti cambiano. Mi dispiace, ma la storia della scienza mostra questo: che ciò che uno chiama «elemento» (per esempio l'aria, l'acqua, la terra, il fuoco) è, diviene, ad un certo momento, più elementi, e poi ancora diventa un'altra cosa (ad esempio una reazione chimica). Se io, per esempio, vedo il fuoco e dico «questo è un elemento, una sostanza» e Lei mi dice «scusi, questo non è più un elemento, non è più una sostanza», che cosa rimane? Rimane l'impressione, il fenomeno, il colore rosso e la sensazione di caldo? Che cosa rimane del fuoco, del fuoco di Aristotele e del fuoco del CERN di Ginevra?

Rubbia

È lo stesso fuoco. È lo stesso fuoco dell'uomo della pietra, lo stesso fuoco di 3000 anni fa. Quello che cambia è la nostra interpretazione ...

Shea

Ma che cosa rimane? Rimane l'elemento fuoco o rimane solo la sensazione soggettiva?

Rubbia

Rimane il fenomeno fisico «fuoco».

Shea

Io dico che rimane il rosso, rimane la sensazione di caldo; e queste sono osservazioni a livello fisiologico: ma se Lei mi dice che rimane lo stesso fenomeno fisico, Lei allora deve dirmi qual è questo elemento fisico che rimane invariabile.

Rubbia

Il fenomeno fisico è definito dalla procedura utilizzata per produrlo...

Shea

Ma la procedura cambia. La procedura di Aristotele o di Voltaire non è quella di Einstein.

Rubbia

Credo che anche se siamo vicini nello spazio-tempo, siamo lontani in altre dimensioni.

Shea

Forse è la quinta dimensione, quella dello spirito.

Giovanni Federspil

Un intervento sulla relazione dei prof. Shea. Il mio nome è Federspil e di mestiere faccio il medico e lo scienziato e,



Giovanni Federspil

non il filosofo, anche se mi interesso a

quello che fanno i filosofi. Devo dire che l'argomento che ha preso in esame il prof. Shea è uno dei nodi fondamentali che interessano scienziati e filosofi. C'è una discussione che io ho fatto molte volte con il prof. Marcello Pera ed è un esempio che possiamo prendere in considerazione: se noi non definiamo accuratamente ciò che intendiamo per «fatto», rischiamo di fare quello che facevano molti filosofi, vale a dire di considerare «fatti» cose che gli scienziati non sono affatto disposti a considerare come «fatti». Ora io credo che ci sia una specie di gerarchia nei resoconti osservativi, e che alcune volte gli scienziati definiscano «fatti» cose che in realtà fatti non sono. Riporto un esempio di tipo biomedico: io posso fare una scintigrafia, vale a dire introdurre un isotopo radioattivo in una persona e ottenere l'immagine di un viscere e allora posso dire che l'immagine, ad esempio di quel fegato, è un «fatto». In realtà questo è un modo scorretto di parlare. Scendendo da questo livello ad un livello inferiore io posso, molto banalmente, cercare di apprezzare il fegato di quel paziente sotto l'arcata costale destra e dire che ho apprezzato il fegato, dire che c'è un fegato ingrandito e che questo è un «fatto». Anche questo è un modo scorretto di esprimersi. Ma c'è un modo corretto di esprimersi, vale a dire che io ho apprezzato un margine duro, tagliente sotto l'arcata costale destra: questo è un «fatto» abbastanza elementare, credo, per tutti coloro che fanno i medici e in generale per un naturalista che voglia dare un resoconto. Io credo che se noi cerchiamo di purificare il nostro linguaggio, allora possiamo parlare di fatti. È chiaro che gli scienziati spesso parlano di fatti quando non dovrebbero parlare di fatti, però anche i filosofi incorrono nello stesso errore. Io credo che dobbiamo essere assolutamente critici quando parliamo di fatti. Credo che le parole del prof. Rubbia possano

essere considerate alla luce di quanto ho detto.

Shea

Forse qui il prof. Rubbia vorrebbe ribadire la nozione di fatto. Io sono disposto a intendere «fatto» nel senso del suggerimento datoci prima dal prof. Rubbia, quando diceva che un fatto è definito dalla procedura utilizzata per produrlo. Occorre vedere l'importanza del fatto in un quadro concettuale. Noi oggi nel quadro della attuale scienza, dobbiamo per forza fare esperimenti per rispondere alle domande. È necessario inquadrare un esperimento in una rete concettuale molto elaborata, e in questo senso andiamo ad interrogare la natura, ma le questioni le facciamo noi. Per questo la nozione brutta di «fatto», mi sembra una nozione ambigua.

Rubbia

Io vorrei fare una domanda al prof. Shea. Lei crede nella riproducibilità del fenomeno fisico? Crede, cioè, che qualunque fenomeno fisico sia riproducibile, ripetibile a volontà nel tempo e nello spazio, o no?

Shea

Beh, io credo perché quando andavo a scuola il professore di fisica che era a Cambridge mi diceva che questo è un principio...

Rubbia

Ripeto la domanda in maniera diversa: Lei ha evidenza che...

Shea

No, io non ho evidenza di questo. Come sappiamo, per esempio, che le leggi della natura, che sono riproducibili in questa nostra parte del tempo e dello spazio, valgono per tutto l'universo intero? Questa è una assunzione che facciamo. Le leggi fisiche che sono importanti e valgono qui, in questa parte del cosmo, forse si ritrovano in tutto l'universo, ma io non lo so e non sono neanche pronto a speculare su questo. Però sono costretto a fare questa assunzione se voglio procedere.

Rubbia

Quindi la risposta è sí. Per Lei i fenomeni fisici sono gli stessi, sono riproducibili.

Shea

No, la risposta è: faccio così, procedo così. Questo è un modo di procedere, non è una legge, è un metodo empirico.

Rubbia

Quindi la stessa esperienza eseguita dal signor Lavoisier, o chi che sia, ripetuta oggi darebbe lo stesso risultato.

Shea

Speriamo di sì!

Laudan

Una delle ragioni per cui il dialogo non sta avendo luogo qui è che c'è della confusione sistematica fra l'epistemologia e la metafisica, fra Rubbia e Shea. Shea dice che ciò, che noi consideriamo fatti del mondo, in realtà cambiano attraverso il tempo, e molte delle cose che ora consideriamo fatti non lo erano certo

un secolo fa. Tutto ciò è diverso dal concetto che esprime Rubbia, che il mondo abbia un carattere ben determinato e quel carattere rimanga invariato attraverso il tempo: ciò che successe nella provetta dell'esperimento di Lavoisier succederà nelle corrispettive provette del chimico di oggi o di domani. Mi sembra che queste siano due ben distinte ipotesi: mentre l'una è un'ipotesi sull'uniformità del mondo, sulla coerenza e unità della natura (e qui tutta la mia solidarietà va proprio a Rubbia), l'altra invece, quella di Shea, da dottrina epistemologica sta diventando un'ipotesi ontologica. Dire che i fatti cambiano e che i fatti si ricostruiscono solo nello schema concettuale - ed è questo, credo, il succo teorico della comunicazione di Shea - mi sembra una forma abbastanza radicale di costruttivismo, e questo richiederebbe una lunga serie, di dimostrazioni che Shea non ci ha dato.

Rubbia

Se posso fare un commento a ciò che avete detto: il problema principale qui discusso è la differenza fra fenomeno come manifestazione della natura e i fatti, che in questo dibattito sembrano essere piuttosto una interpretazione del fenomeno fisico. Quello che voglio dire è che è proprio il fenomeno fisico ciò che importa: l'interpretazione può cambiare, il modo con cui guardiamo i fatti può cambiare, ma i fatti sono invariati. Questa è la nostra convinzione di base, naturalmente è una convinzione fin tanto che non si proverà il contrario, per cui finora non abbiamo alcun motivo di cambiare opinione. E la ragione è che questa convinzione dipende dalle leggi della natura, che sono costanti nel tempo e nello spazio. Questa invariabilità della natura ci assicura che abbiamo qualcosa di stabile su cui lavorare. Se in ogni momento della nostra vita noi dovessimo

riconsiderare, ridefinire le regole del gioco, sarebbe un mondo molto difficile.

Shea

Penso che la differenza epistemologica fra Rubbia e me rimanga anche dopo questo tentativo di conciliazione. Io non sono pronto a fare nessuna ipotesi ontologica, ma ringrazio Laudan per questo tentativo di conciliazione. Prenderò in considerazione non il problema ontologico, ma quello epistemologico: vorrei dire che i fatti sono molto frequentemente carichi di teorie. Il modo con cui noi parliamo delle cose comporta una rete concettuale (conceptual network) e questa rete concettuale cambia nel tempo. Così i fatti stessi sono verificabili solo attraverso la rete di concetti. Noi non possiamo arrivare al mondo se non attraverso i concetti, e i concetti cambiano. Questo è il mio convincimento.

Rubbia

Mi dispiace ma non sono d'accordo. La definizione dell'esperimento è un insieme di regole, condizioni, raccomandazioni che sono state usate per creare un certo stato. Se io volessi definire, per esempio, la traiettoria di un elettrone che attraversa un certo volume di spazio, la definirei attraverso il procedimento che ho usato per osservare la traiettoria, cioè attraverso le macchine e i metodi che la producono. In questo modo non si tratta di un problema di interpretazione, ma piuttosto che il «fatto» è definito dalle condizioni necessarie per produrlo. E il fenomeno fisico, per questo ci interessa, è un oggetto, un'attività oggettiva che rimane indipendente dal modo nel quale l'immaginazione potrebbe descriverlo. La descrizione del fenomeno, per me, è nelle regole usate per creare lo stato, e non nell'interpretazione dello stato. Il fuoco per esempio è definito dal procedi-

mento che ho usato per crearlo. Una volta che le definizioni iniziali sono stabilite, il fenomeno è definito. Questo è il mio credo. La preparazione dello stato non è l'interpretazione dello stato.

Shea

Lei dice che la preparazione non è l'interpretazione. Mi sento a disagio, perché mi sembra che Lei implichi che il concetto è definito attraverso l'operazione. Lei dice dunque che il concetto stesso è definito attraverso il procedimento...

Rubbia

Dico che nel procedimento c'è una fase iniziale che noi chiamiamo preparazione dello stato del fenomeno fisico, con regole precise seguite dagli scienziati, regole che sono state codificate, e che troviamo nei libri che ogni scienziato tiene ben presenti; queste regole devono essere accurate, al fine di definire la procedura da seguire in maniera chiara, non ambigua. L'interpretazione cambia, ma dato un certo insieme di regole di preparazione, il fenomeno non muta, come non muta la natura.

Federspil

Torno sul problema. Sono ancora in disaccordo con il prof. Shea, ma mi pare di capire che il prof. Shea abbia lievemente addolcito la sua posizione; o, forse, è una mia falsa impressione. Ha detto nel suo secondo intervento che i fatti sono visti in funzione delle teorie. Orbene, su questo io sono del tutto d'accordo con lui: è evidente che i fatti sono visti alla luce delle teorie. Ma il vero nodo del conflitto tra il prof. Shea e il prof. Rubbia è se i fatti, in una qualche misura, possono essere considerati come esistenti o come meri *flatus vocis*. Io credo che il nodo della questione sia che in una

certa misura si può parlare di fatti invariati. Se noi vedessimo in questo momento comparire un animale stranissimo con la testa dell'elefante e 24 zampe, io credo che pochissimi, o nessuno, disporrebbero di teorie in base alle quali avrebbero potuto prevedere la comparsa in questa sala di un animale del genere, ma ritengo che tutti sarebbero d'accordo nel dire che esiste qui, ora, un animale che ha testa di elefante e 24 zampe. A questo livello minimale («esiste un essere vivente con la testa di elefante e 24 zampe»), credo che su questo resoconto tutti potremmo trovarci d'accordo e questo è ciò che gli scienziati chiamano resoconto osservativo. Io credo che il nucleo fondamentale del dissenso emerso nel corso di questa discussione sia questo: gli scienziati sanno molto bene, qualunque sia la disciplina a cui si dedicano, che senza questo tipo di resoconti assolutamente elementari, nessuna scienza naturale potrebbe essere possibile.

Shea

In realtà io non ho voluto addolcire niente. Ho voluto semplicemente dire che non intendevo fare un discorso ontologico, bensì epistemologico. Forse siamo d'accordo, è una questione di terminologia. La mia preoccupazione rimane solo che quello che si chiama «fatto», se è conosciuto solo tramite un concetto, resti un fatto molto particola-

re. Dunque non esiste il fatto nudo, minimale, esiste forse il fatto minimalmente concettualizzato, ma non credo che sia possibile il fatto bruto, il fatto minimale.

John Eccles

Mi sembra che abbiamo perso di vista l'essenziale. Come sappiamo qualcosa dei «fatti»? Dobbiamo arrivare ai fatti attraverso i nostri organi di senso, e sappiamo dei nostri organi di senso, perché abbiamo imparato, abbiamo studiato su di essi. Noi siamo creature che, dall'infanzia in poi, imparano a interpretare; fin dall'infanzia impariamo dalle esperienze sensitive in termini di oggetti e di manifestazioni di eventi. Impariamo i fatti non come qualcosa di fissato, ma come interpretazioni di esperienze, e con il rischio di illuderci delle cose. Penso quindi che dobbiamo essere più flessibili usando la parola «fatto». Ma i fatti devono essere interpretati in maniera molto rigida, altrimenti sarebbero le cose meno interessanti e più stupide del mondo. Un fatto in scienza dovrebbe essere un fatto con regole molto rigide. Per questo sono d'accordo con Rubbia.

Rubbia

La ringrazio molto.