

GLI OSTACOLI DELLA CONOSCENZA QUANTITATIVA¹

I

Una conoscenza oggettiva immediata è necessariamente „ una conoscenza errata per il fatto stesso di essere qualitativa. Essa comporta un errore da rettificare e investe fatalmente l'oggetto di impressioni soggettive: dovrà quindi venirne disinvestita, scaricata, ed è per questo che occorrerà psicoanalizzarla. Una conoscenza immediata è soggettiva nel suo stesso principio. Assumendo la realtà come un suo bene, essa fornisce certezze premature che, piuttosto che servirla, intralciano la conoscenza oggettiva. È questa la conclusione filosofica che crediamo di poter trarre dall'insieme dei capitoli precedenti. D'altro canto, sarebbe sbagliato pensare che una conoscenza *quantitativa* sfugga in linea di principio ai rischi della conoscenza qualitativa. La *grandezza* non è qualcosa di automaticamente oggettivo, e basta abbandonare gli oggetti abituali per accogliere le determinazioni geometriche più strane e le determinazioni quantitative più fantasiose. Visto che *l'oggetto scientifico* è sempre, per certi versi, un oggetto *nuovo*, si capisce subito perché le determinazioni primitive riescano fatalmente male. Occorreranno lunghi studi perché un fenomeno nuovo faccia emergere la variabile appropriata. Per questo, seguendo l'evoluzione delle misure elettriche, ci si stupirà del carattere tardivo dei lavori di Coulomb. E nell'800 inoltrato verranno ancora proposti dei vitalometri, vale a dire degli strumenti basati su un'azione elettrica senz'altro notevole e immediata, ma complicata e di conseguenza inappropriata per lo studio oggettivo del fenomeno. Concezioni in apparenza del tutto oggettive e configurate assai chiaramente, usate in modo assai evidente in una geometria precisa, come per esempio la fisica cartesiana, mancano curiosamente di una dottrina della misurazione. Stando ai principi, si direbbe quasi che la grandezza sia una *qualità* dell'estensione. Persino quando si ha a che fare con professori limpidi e decisi come Rohault, la spiegazione prescientifica non sembra impegnarsi in una dottrina chiaramente matematica. È un punto che Mouy ha indicato molto bene nel suo bel libro su *Le Développement de la Physique Cartésienne*.² "La fisica cartesiana è una fisica matematica senza matematica. È una geometria concreta". Mancando un'algebra discorsiva ed esplicativa, questa geometria immediata fa in modo di non essere, propriamente parlando, un matematismo.

Queste osservazioni diventeranno più pertinenti se si caratterizzerà l'influenza dell'ordine di *grandezza* umano su tutti i nostri giudizi di valore. Non occorre tornare a dimostrare, com'è già stato fatto tanto spesso, quanto la rivoluzione copernicana abbia posto l'uomo di fronte a una visione del mondo su nuova scala. Per tutto il XVII e il XVIII secolo, il medesimo problema si è posto, con la scoperta del microscopio, all'altra estremità dei fenomeni. Ai giorni nostri i cambiamenti radicali

¹ Tratto da :

Gaston Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, Cortina Milano 1995 capitolo 11 pagine 249-281.

² Paul Mouy, *Le Développement de la Physique Cartésienne*, 1646-1712, Paris 1934, p. 144.

dei rapporti di scala non hanno fatto che accentuarsi. Il problema filosofico, tuttavia, si è rivelato essere sempre lo stesso: costringere l'uomo ad astrarre dalle grandezze comuni e dalle sue proprie grandezze; costringerlo inoltre a pensare le grandezze nel loro essere relative al sistema di misura; insomma, rendere chiaramente discorsivo ciò che si offre all'intuizione più immediata.

Visto però che gli ostacoli epistemologici procedono sempre per coppie, nel regno stesso della quantità vedremo opporsi il fascino di un matematismo vago al fascino di un matematismo molto preciso. Cercheremo di caratterizzare questi due ostacoli, nelle loro forme elementari, con degli esempi il più semplici possibile; perché se dovessimo determinare matematicamente tutte le difficoltà dell'informazione del fenomeno, saremmo costretti a scrivere un libro intero. E un libro simile oltrepasserebbe quel problema della *formazione iniziale dello spirito scientifico* che vogliamo descrivere in quest'opera.

II

Nell'ambito della quantità, l'eccesso di precisione corrisponde esattamente all'eccesso di pittoresco nell'ambito della qualità. La precisione numerica è spesso una sommosa di cifre allo stesso modo in cui il pittoresco, per parlare come Baudelaire, è "una sommosa di dettagli". Vi si può scorgere uno dei segni più chiari di uno spirito non scientifico, nel momento stesso in cui questo spirito avanza delle pretese sull'oggettività scientifica. Una delle esigenze primarie dello spirito scientifico, infatti è che la precisione di una misura debba riferirsi costantemente alla sensibilità del sistema di misura adottato e che debba naturalmente tener conto delle condizioni di permanenza dell'oggetto misurato. Misurare *esattamente* un oggetto sfuggente o indeterminato e misurare *esattamente*, con uno strumento approssimato, un oggetto fisso e ben determinato, sono due occupazioni del tutto inutili che la disciplina scientifica respinge immediatamente.

Su questo problema delle misure, tanto povero in apparenza, possiamo riconoscere anche il divario fra il pensiero del realista e il pensiero dello scienziato. Il realista tocca subito con mano l'oggetto particolare. Lo descrive e lo misura perché lo possiede. Ne esaurisce la misurazione fino all'ultimo decimale come un notaio che conti un patrimonio sino all'ultimo centesimo. Lo scienziato, al contrario, *si avvicina*³ a quest'oggetto inizialmente mal definito. E innanzitutto si appresta a misurarlo. Egli ne discute le condizioni di studio determinando la sensibilità e la portata dei suoi strumenti, quindi descrive piuttosto il suo sistema di misura che l'oggetto della sua misurazione. L'oggetto misurato non è più che un grado particolare dell'approssimazione del sistema di misura. Lo scienziato crede al realismo della misura più che alla realtà dell'oggetto. Quando il grado di approssimazione viene fatto variare, allora l'oggetto può cambiare di natura. Pretendere di esaurire in una volta sola la sua determinazione quantitativa, significa lasciarsi sfuggire le relazioni

³ [Gioco di parole intraducibile fra l'avvicinarsi (*s'approcher*) - reso anche dall'italiano "approssimarsi" - e la "conoscenza approssimata" (*connaissance approchée*), che Bachelard riconosce come la sola vera conoscenza scientifica e che è il suo cavallo di battaglia epistemologico sin dal 1928.]

dell'oggetto. Più le relazioni dell'oggetto con gli altri oggetti sono numerose, più il suo studio è istruttivo. Ma se queste sono numerose, allora subiranno delle interferenze e l'indagine discorsiva delle approssimazioni diventa subito una necessità metodologica. L'oggettività viene allora affermata al di qua, non al di là della misurazione, come metodo discorsivo e non come intuizione diretta dell'oggetto. Occorre riflettere per misurare e non misurare per riflettere. Se si volesse fare una metafisica dei sistemi di misura, bisognerebbe rivolgersi al criticismo, non al realismo.

Vediamo invece lo spirito prescientifico precipitarsi sul reale e affermarsi grazie a precisioni eccezionali. Lo si può osservare tanto nell'esperienza pedagogica quotidiana, quanto nella storia delle scienze e nella pratica di certe scienze allo stato nascente.

I problemi di fisica posti all'esame di maturità potrebbero fornire una miniera inesauribile d'esempi di questa precisione mal fondata. La maggior parte delle applicazioni numeriche vengono condotte senza preoccuparsi del problema degli errori. Basta una divisione che "riesce male" o una serie di calcoli che "non vengono bene" per precipitare un maturando nell'angoscia. E allora eccolo accanirsi in divisioni interminabili sperando in un risultato preciso. Quando si ferma, pensa che il merito della soluzione venga valutato in base al numero dei decimali indicati. Non riflette al fatto che la precisione di un risultato, quando supera la precisione dei dati sperimentali, non è altro che la determinazione del nulla. I decimali del calcolo non appartengono all'oggetto. Quando due discipline interferiscono, come per esempio la matematica e la fisica, allora si può esser certi che gli studenti non armonizzeranno le due "precisioni". Ecco perché per educare a delle sane approssimazioni ho dato spesso il semplice problema che segue: calcolare quasi al centimetro il raggio medio di una quercia con una circonferenza di 150 centimetri. La maggior parte della classe utilizzava per il calcolo il valore stereotipo del numero $\pi = 3,1416$, il che allontana visibilmente dalla precisione possibile. Nello stesso ordine d'idee e commentando un'illuminante pagina di Borel, ho mostrato altrove⁴ la disarmonia fra le precisioni, per cui a Parigi un terreno fabbricabile viene pagato quasi al centimetro, mentre in genere lo si calcola tutt'al più a decimetro quadrato circa, e il suo prezzo raggiunge la cifra dei franchi. Questa pratica ricorda la battuta di Dulong, che diceva a proposito di uno sperimentatore: del terzo numero dopo la virgola è sicuro, è sul primo che esita.

Nel XVIII secolo l'eccesso del tutto gratuito della precisione è una regola. Esporremo solo qualche caso per fissare le idee. Buffon, per esempio, giunge "a queste conclusioni: che la Terra si era staccata dal Sole da 74.832 anni per l'impatto di una cometa, e che fra 93.291 anni si sarà talmente raffreddata che la vita non vi sarà più possibile".⁵ Questa predizione ultraprecisa del calcolo è tanto più impressionante quanto più le leggi fisiche che gli servono da fondamento sono vaghe e particolari.

Nell'articolo "Bile" dell'*Encyclopédie* si può leggere quanto Hales indica con una determinazione molto precisa: i calcoli epatici danno aria per 648 volte il loro

⁴ Essai sur la connaissance approchée, Vrin, Paris (1928) 1981, pp. 70 e 73

⁵ Cuvier, op.cit., t. III, p. 169.

volume, i calcoli urinari ne danno per 645 volte. Abituati come siamo a valutare con cura gli errori sperimentali, queste cifre differenti ma vicine fornite da una tecnica piuttosto rozza ci mostreranno non tanto il segno di una differenza sostanziale, come fa Hales, quanto piuttosto la prova di un'identità sperimentale.

La cura della precisione induce poi alcuni spiriti a porre problemi insignificanti. Eccone due adatti a inquadrare il XVIII secolo. Mersenne chiede: "Vi prego di dirmi quanto cammino in più farebbe un uomo alto sei piedi, se girasse intorno alla Terra con la testa piuttosto che coi piedi". Data l'approssimazione della conoscenza del raggio terrestre, è facile cogliere tutta l'assurdità geometrica del problema posto da Mersenne, oltre alla totale insignificanza della questione. Alla fine del XVIII secolo, Bernardin de Saint-Pierre osserva il volo delle mosche.⁶ Alcune "si alzano in aria dirigendosi controvento, con un meccanismo più o meno analogo a quello degli aquiloni di carta che si alzano formando con l'asse del vento un angolo, credo, di ventidue gradi e mezzo". Qui $22,5^\circ$ è stato posto con ogni evidenza come la metà di 45° . Lo scrittore ha voluto geometrizzare una visione. La nozione di obliquità gli è parsa troppo vaga. D'altra parte, ha ritenuto che la bella e semplice obliquità corrispondesse senz'altro a 45° . Come si vede, tutto un calcolo puerile va in aiuto di un bisogno di precisione fuori luogo.

La ricerca di una falsa precisione va di pari passo con la ricerca di una falsa sensibilità. Madame du Châtelet spaccia come un pensiero scientifico la riflessione seguente:⁷ "Poiché il fuoco dilata tutti i corpi e poiché la sua assenza li contrae, i corpi devono essere più dilatati il giorno che la notte, le case più grandi, gli uomini più alti ecc. e così tutto nella natura oscilla continuamente in contrazioni e dilatazioni che mantengono il movimento e la vita dell'universo". Vediamo, del resto, con quale leggerezza lo spirito prescientifico associ le concezioni generali a insignificanti fatti particolari. Mescolando i generi fra loro, Madame du Châtelet continua: "Il calore deve dilatare i corpi all'Equatore e contrarli ai Poli; ecco perché i Lapponi sono piccoli e robusti. Appare chiaramente che gli animali e i vegetali che vivono ai Poli morirebbero all'Equatore, e quelli dell'Equatore ai Poli, a meno che non vi fossero portati gradualmente e in modo insensibile, come le comete passano dal loro afelio al loro perielio".

Qualche volta, poi, il calcolo viene applicato a delle determinazioni che non lo comportano affatto. Nell'articolo "Aria" dell'*Encyclopédie* si possono per esempio leggere le seguenti, incredibili precisioni: "È dimostrato che meno di 3000 uomini posti su una superficie di un arpeno di terra, col loro sudore vi formerebbero dopo 34 giorni un'atmosfera di circa 71 piedi d'altezza, la quale, non venendo punto dispersa dai venti, diventerebbe all'istante pestilenziale".

Infine, non sono solo gli scrittori del XVIII secolo o i maturandi dei nostri tempi a manifestare questo difetto delle precisioni intempestive; lo manifestano anche tutte quelle scienze che non abbiano determinato la portata dei propri concetti e che abbiano dimenticato che le determinazioni numeriche non devono superare in nessun caso, per esattezza, gli strumenti di rilevazione. I manuali di geografia, per esempio, sono attualmente strapieni di dati numerici di cui non si fissano né la variabilità, né l'ambito della precisione. Un manuale utilizzato in quarta,⁸ con alunni di 13 anni, infligge

⁶ Bernardin de Saint-Pierre, *Etudes de la Nature*, 4- ed., 4 voll., Paris 1791, t. i, p. 4.

⁷ Madame du Châtelet, *Dissertation sur la nature et la propagation du feu*, p. 68.

⁸ [Corrispondente alla prima classe del nostro liceo scientifico.]

precisioni del tipo: la temperatura annuale media a Mentone è di $16,3^\circ$. Si giunge quindi al paradosso che la temperatura media viene apprezzata al decimo di grado, mentre l'utilizzazione pratica dei dati climatici s'accontenta dell'apprezzamento per gradi interi. Lo stesso autore, come molti altri, precisa in modo esagerato anche il dato della densità della popolazione, concetto che è invece chiaro e utile se gli si lascia la sua giusta indeterminazione. Nel manuale incriminato si legge: il dipartimento della Senna ha una densità di 9192 abitanti per chilometro quadrato. Questo numero fisso, per un concetto *fluttuante* la cui validità, in forma esatta, non vale neppure per un'ora, servirà, insieme a qualche altro della stessa specie, a "istruire" gli studenti per una decina d'anni circa. In prima⁹, il libro di geografia dello stesso autore contiene 3480 numeri che hanno quasi tutti lo stesso valore scientifico di quelli appena menzionati. Questo sovraccarico numerico impone agli studenti di ricordare più di cento numeri per ogni lezione di un'ora. Si tratta di una pedagogia detestabile che sfida il buon senso, ma che si sviluppa senza incontrare la minima critica in quelle discipline che sono scientifiche solo metaforicamente.

III

Le diverse età di una scienza potrebbero esser determinate in modo ancora più chiaro e quasi materiale per mezzo della tecnica dei suoi strumenti di misura. Ogni secolo trascorso ha la propria particolare scala di precisione, il proprio gruppo di decimali esatti e i propri strumenti specifici. Non vogliamo ripercorrere la storia di questi strumenti, perché l'abbiamo evocata già in un'altra opera. Vogliamo indicare semplicemente la difficoltà di determinare le condizioni *primitive* della misurazione. Martine, per esempio, ricorda che i primi termometri venivano costruiti in modo molto impreciso:¹⁰ "Persino quelli di Firenze, il cui grado più elevato veniva fissato seguendo il maggior calore del sole in quella contrada, si ritrovavano a essere troppo vaghi e indeterminati". Questo piccolo esempio ci fa rendere conto del carattere nefasto dell'uso diretto del termometro. Siccome il termometro deve informarci sulla temperatura ambiente, il principio della sua gradazione viene inizialmente cercato sulla base di certi indicatori meteorologici. Secondo una concezione analoga, Halley propone come punto fisso la temperatura dei luoghi sotterranei insensibili all'inverno e all'estate. Quest'insensibilità è stata riconosciuta dal termometro. In assenza di una misura strumentale, essa non poteva essere direttamente oggettiva. Martine nota che ancora ai tempi di Boyle "i termometri erano talmente variabili e talmente indeterminati da sembrare moralmente impossibile stabilire per mezzo loro la misura del caldo e del freddo, come ne abbiamo del tempo, della distanza, del peso ecc."

Di fronte a tali carenze nell'ambito della tecnica strumentale, non bisogna stupirsi della varietà prodigiosa dei primi termometri. Ben presto ne sorse una varietà ancora maggiore di quella relativa alle misure del peso, e questo è tipico di una scienza da

⁹ [Corrispondente all'ultimo anno di liceo.]

¹⁰ [G.] Martine, *Dissertation sur la chaleur avec les observations nouvelles sur la construction et la comparaison des thermomètres*, tr. [fr.] Paris 1751, p. 6 [*Essays and Observations on the Construction and Graduation of Thermometers, and on the Heating and Cooling of Bodies*, A. Donaldson, Edinburgh 1787, 41 ed.].

dilettanti. Gli strumenti di un ambiente scientifico strutturato come il nostro vengono invece standardizzati quasi immediatamente.

La volontà di tecnica, ai giorni nostri, è talmente chiara e controllata che ci stupiamo della tolleranza nei confronti dei primi errori. Pensiamo che la costruzione di uno *strumento oggettivo* vada da sé, e non sempre notiamo la quantità di precauzioni tecniche che vengono richieste dal montaggio dello strumento più semplice. Cosa c'è, per esempio, di apparentemente più semplice che montare l'esperienza di Torricelli sotto forma di barometro? Ma già il solo riempimento del tubo richiede una grande cura. E il minimo sbaglio a questo proposito, la più piccola bolla d'aria che vi resti determina notevoli differenze nell'altezza barometrica. Nella piccola città di Nérac, il dilettante Romas seguiva le diverse variazioni di una cinquantina di apparecchi. Nello stesso tempo, si moltiplicavano le osservazioni per capire l'influenza delle variazioni barometriche sulle diverse malattie. In questo modo lo strumento e l'oggetto della misurazione si rivelavano a un tempo entrambi inadatti e lontani dalle buone condizioni di una conoscenza oggettiva. Nella conoscenza strumentale primitiva si presenta lo stesso ostacolo che nella conoscenza oggettiva ordinaria: il fenomeno non offre necessariamente alla misurazione la sua variabile più regolare. Al contrario, man mano che si affineranno gli strumenti, il loro *prodotto* scientifico verrà definito meglio. La conoscenza diventa oggettiva nella misura in cui diventa strumentale.

La dottrina della sensibilità sperimentale è una concezione del tutto moderna. Prima di qualsiasi impresa sperimentale un fisico deve determinare la sensibilità dei suoi strumenti. È quello che lo spirito prescientifico non fa. La marchesa du Châtelet è passata vicino all'esperimento che Joule realizzò un secolo più tardi, ma non ebbe la possibilità di farlo. E infatti dichiarò esplicitamente che "se il movimento producesse il fuoco, l'acqua fredda, scossa con forza, si scalderebbe, ma questo non accade in modo sensibile; e se si scalda, ciò avviene con grande difficoltà". Il fenomeno che la mano non distingue in modo sensibile sarebbe stato segnalato da un termometro ordinario. La determinazione dell'equivalente meccanico del calore non sarà altro che lo studio di questo difficile riscaldamento. Quest'assenza di perspicacia sperimentale sarà meno sorprendente se si considera quanto si mescolino le intuizioni di laboratorio con le intuizioni naturali. Così anche Voltaire, come la marchesa du Châtelet, si chiede perché i violenti venti del Nord non producano calore. Lo spirito prescientifico, come si vede, non possiede una dottrina chiara del grande e del piccolo, e ciò che forse gli manca di più è una dottrina degli errori sperimentali.

IV

Nello stesso ordine d'idee, lo spirito prescientifico abusa delle determinazioni reciproche. Tutte le variabili caratteristiche di un fenomeno sono per lui in interazione reciproca, e il fenomeno viene considerato come egualmente sensibilizzato in tutte le sue variazioni. Ora, anche se le variabili sono collegate, la loro sensibilità non è reciproca. Di ogni ricerca bisogna fare un caso speciale, come fa la fisica moderna. Essa non postula quel superdeterminismo che nel periodo

prescientifico viene considerato come indiscutibile. Ma per cogliere bene queste sovraderminazioni quantitative, diamo qualche esempio in cui sono particolarmente sorprendenti. Retz¹¹, constatando che non si dispone di uno strumento in grado di apprezzare la quantità di fluido elettrico contenuto nel corpo umano, aggira la difficoltà rivolgendosi al termometro. La relazione delle entità "elettricità" e "calore" viene trovata subito: "Essendo la materia elettrica considerata come fuoco, la sua influenza sugli organi del corpo vivente deve provocare del calore; la maggiore o minore elevazione del termometro applicato alla pelle indicherà quindi la quantità di fluido elettrico del corpo umano". Ecco che un intero scritto ne viene deviato e sforzi spesso ingegnosi portano invece l'autore a conclusioni ingenuie come la seguente (p. 25): "Durante la famosa ritirata di Praga, avendo il freddo rigoroso della stagione privato molti soldati di elettricità e di vita, gli altri ne vennero risparmiati grazie all'impegno degli ufficiali nello stimolarli con grandi colpi a marciare e di conseguenza a elettrificarsi". Va notato che la relazione fra l'elettrificazione e la temperatura del corpo è falsa, almeno rispetto alla sensibilità di cui disponeva la termometria del XVIII secolo; eppure l'esperimento venne fatto e ripetuto da numerosi sperimentatori che registrarono variazioni termometriche del tutto insignificanti. Credevano di compiere un esperimento di fisica, mentre compivano in pessime condizioni un esperimento sulla fisiologia delle emozioni.

Alla concezione assolutamente contemporanea di un sistema chiuso lo spirito prescientifico ripugna proprio per questa sua idea direttrice della correlazione totale fra i fenomeni. Persino quando quello pone un sistema chiuso, subito deroga a quest'audacia e, con un'invariabile figura stilistica, sostiene la solidarietà del sistema frammentato con il grande Tutto.

Una filosofia ben regolata dell'approssimazione, calcata prudentemente sulla pratica delle determinazioni *effettive*, porterebbe invece a stabilire livelli fenomenologici capaci di sfuggire *assolutamente* alle perturbazioni minori. Tuttavia, questa fenomenologia strumentale, ritagliata dalle soglie *invalidabili* della sensibilità operatoria, e che è l'unica fenomenologia a poter essere detta scientifica, non regge di fronte al realismo inveterato e indiscusso che vuole salvare la continuità e la solidarietà dei fenomeni in tutti i loro aspetti. Tale credenza ingenua in una correlazione universale, uno dei temi privilegiati del realismo ingenuo, è ancora più sorprendente in quanto riesce a riunire i fatti più eterogenei. Diamone un esempio che di proposito è eccessivo! La teoria di Carra sul "concatenamento delle cause che operano le varie rivoluzioni dei corpi celesti" lo porta, dal punto di vista astronomico, a fornire delle considerazioni precise - naturalmente del tutto gratuite - non solo sulle stagioni dei vari pianeti ma anche sulle loro proprietà vegetali e animali, come il colore delle piante e la durata della vita. I vegetali di Mercurio sono allora di un verde molto scuro, quelli di Venere "di un verde scuro sulle terre di uno dei poli, e d'un giallo oro su quelle dell'altro polo". Su Marte sono verde chiaro. Su Venere si vive più a lungo che sulla Terra. La longevità dei marziani è "di un terzo più breve della nostra".¹² Le proprietà astronomiche comportano tutto, e tutto viene riportato in scala. Carra sostiene in tutta tranquillità che Saturno è di una ricchezza incredibile

¹¹ [N.] Retz, medico a Parigi, *Fragments sur l'électricité du corps humain*, [Méquignon aîné, Paris] Amsterdam 1785, p. 3.

¹² Carra, *Nouveaux Principes de Physique*, cit., t. II, p. 93.

e che deve contare diversi miliardi di esseri simili agli uomini, con immense città dai dieci a venti milioni di abitanti (p. 99). Fra queste cosmologie totalitarie si può riconoscere anche la teoria dei climi di Montesquieu estesa a tutto l'universo. Dietro tale esagerazione, la teoria di Montesquieu appare in tutta la sua debolezza. Non c'è nulla di più antiscientifico che affermare senza prove, o al riparo di osservazioni generali e imprecise, l'esistenza di causalità fra ordini di fenomeni diversi.

È da secoli che negli spiriti prescientifici persistono queste idee di interazioni senza limite, di interazioni che superano spazi immensi collegando fra loro le proprietà più eteroclitiche. Esse vi svolgono il ruolo di idee profonde e filosofiche, occasione di tutte le false scienze. Potremmo infatti provare che sono alla base dell'idea fondamentale dell'astrologia. Un punto che gli storici dell'astrologia spesso non sottolineano è il carattere *materiale* attribuito agli *influssi* astrologici. Come abbiamo già fatto osservare, gli astri non ci inviano solo segni e segnature, ma sostanze; non tanto una qualità, ma una quantità. L'astrologia del XVII secolo sa benissimo che la luce della Luna è solo la luce riflessa del Sole. Tuttavia aggiunge che in questa riflessione un po' di materia lunare impregna il raggio riflesso "come una palla che rimbalza su un muro dipinto a calce ne riporta una macchia bianca". L'azione degli astri è quindi l'azione quantitativa di una materia reale. L'astrologia è un materialismo in tutta l'accezione del termine. Il rapporto di dipendenza che abbiamo segnalato in precedenza fra un astro e i suoi abitanti non è che un caso particolare di questo sistema materialistico totalitario, fondato su un determinismo generale. Nel corso dei secoli, viene modificata a mala pena qualche prova. Carra, che scrive alla fine del XVIII secolo, riprende le idee del padre Kircher, il quale 150 anni prima aveva *calcolato* quale dovesse essere secondo la grandezza dei pianeti del nostro sistema solare la dimensione dei rispettivi abitanti. Pur criticando Kircher, Carra razionalizza a modo suo la stessa ipotesi, nuovo esempio di una razionalizzazione sul posto di assurdità manifeste (t. II, pp. 161-162): "quello che noi chiamiamo sangue, per gli abitanti del corpo celeste più denso sarà un liquido nero e spesso che circolerà lentamente nelle loro arterie, mentre per gli abitanti del corpo celeste meno denso sarà un fluido blu molto sottile che circolerà nelle loro vene come la fiamma". Seguono pagine e pagine di affermazioni altrettanto azzardate. Ne deriva, in conclusione, un meravigliarsi che esprime abbastanza chiaramente la valorizzazione attribuita a una concezione unitaria dell'universo, sempre che quest'identità venga operata per l'intermediazione del semplice concetto quantitativo di *densità*: "Che grandi oggetti di riflessione ci presenta la pluralità dei mondi, se la si vuole considerare sotto tutti i suoi rapporti! La maggiore o minore densità dei corpi celesti istituisce una catena immensa di varietà nella natura degli esseri che li abitano; la differenza delle loro rivoluzioni annuncia una catena immensa nella durata degli stessi" (t. II, p. 164).

Un lettore scientifico criticherà probabilmente quest'esempio come troppo evidente, troppo rozzamente ridicolo. A nostra difesa, tuttavia, risponderemo che ci siamo serviti di questa pedina per un test. L'abbiamo proposta infatti alla riflessione di qualche persona illuminata senza suscitare nessuna reazione, senza indurre al sorriso i loro visi impassibili e annoiati. Essi vi riconoscevano uno dei temi del pensiero filosofico: nei Cieli e sulla Terra tutto si tiene, e una medesima legge comanda tanto gli uomini quanto le cose. Distribuendo il testo di Carra come

soggetto di una prova scritta, non abbiamo mai ottenuto il tentativo di una *riduzione* dell'errore fondamentale.

Eppure, se si vuol passare dallo spirito filosofico allo spirito scientifico, occorre accettare di ridurre la portata del determinismo. Occorre affermare che nella cultura scientifica *non* tutto è *possibile* allo spirito scientifico, e che il solo possibile che può esser mantenuto è quello di cui si sia dimostrata la possibilità. C'è a questo proposito una resistenza coraggiosa e talvolta arrischiata all'esprit *de finesse*, che rifuggerà continuamente la prova per la presunzione e il plausibile per il possibile.

Si tratta forse di uno dei segni che distinguono maggiormente lo spirito scientifico dallo spirito filosofico: intendiamo parlare del diritto di trascurare. Lo spirito scientifico esplicita in modo chiaro e distinto questo diritto di trascurare quello che c'è di trascurabile, cosa che lo spirito filosofico gli nega instancabilmente. Lo spirito filosofico accusa quindi lo spirito scientifico di circolo vizioso, ribattendo che quanto sembra trascurabile è proprio ciò che si trascura. Eppure noi possiamo provare il carattere positivo e attivo del principio della trascurabilità.

Per provare che questo principio è positivo, basta enunciarlo in forma non quantitativa. È quanto dà tutto il suo valore a un'osservazione come quella di Ostwald:¹³ "Quale che sia il fenomeno considerato, c'è sempre un numero estremamente alto di circostanze che sono senza influenze misurabili per lui". Il colore di un proiettile non modifica le sue proprietà balistiche. Diventa allora interessante, forse, vedere in che modo lo spirito scientifico riduca propriamente le circostanze inutili. È nota la teoria dei due fluidi di Symmer, ma quello che forse non si sa è che all'inizio essa fu in un certo senso la teoria delle sue due calze. Vediamo come, secondo Priestley, Symmer giunse alla sua vocazione di elettricista:¹⁴ "Da qualche tempo quest'autore aveva notato che di sera, quando si toglieva le calze, queste scintillavano [...]. Non dubitò che ciò fosse dovuto all'elettricità, e dopo aver fatto numerose osservazioni per determinare le circostanze da cui dipendeva questo genere di apparenze elettriche, pensò infine che fosse la combinazione del bianco e del nero a produrre tale elettricità, e che quelle apparenze non fossero mai tanto forti come quando portava una calza di seta bianca e una di seta nera sulla stessa gamba". La natura chimica della tintura poteva senz'altro intervenire, ma è proprio nel senso della natura chimica che la sperimentazione scientifica condurrà le sue ricerche per ridurre al minimo la differenza di azione esercitata da circostanze trascurabili come la colorazione. Una riduzione del genere non fu certo facile, ma la difficoltà non fa altro che sottolineare meglio il bisogno di ridurre le proprietà fenomenali in reazione fra loro.

La volontà di trascurare è invece realmente attiva nella tecnica operatoria contemporanea. Uno strumento può infatti venir descritto tanto in negativo quanto in positivo, se è lecito esprimersi in questo modo. Lo si definisce con le perturbazioni da cui si protegge, con la tecnica del suo isolamento, con la sicurezza che dà di poter trascurare influenze ben definite, quindi per il fatto di contenere un *sistema* chiuso. Il fenomeno viene isolato da un complesso di schermi, guaine e immobilizzatori. Tutto questo *negativismo montato* in cui consiste un contemporaneo strumento di fisica

¹³ [W.] Ostwald, *Energie*, tr. [fr.] Paris, p. 10 [*Die Energien*, Leipzig 1908].

¹⁴ Priestley, op. cit., t. II, p. 51.

contraddice le fiacche affermazioni inerenti a una possibile e indeterminata interazione fenomenologica.

Il principio della trascurabilità è con ogni evidenza alla base del calcolo differenziale. In questo caso si tratta veramente di una necessità provata. Le critiche di un cartesiano attardato come il padre Castel risultano quindi ancora più sorprendenti. Egli nota che Newton ripete spesso l'espressione "che si può trascurare", e la condanna energicamente. Ma in tal modo egli non fa che reiterare degli attacchi, nel regno della quantità dove il principio della trascurabilità trionfa con tanta evidenza, che non hanno fondamento neppure nel regno della qualità.

V

Lo spirito prescientifico incorre in una confusione analoga quando misconosce le realtà dei rapporti di scala. Esso trasporta infatti gli stessi giudizi dal piccolo al grande e dal grande al piccolo, resistendo a quel pluralismo delle grandezze che pur s'impone a un riflettuto empirismo, a scapito della seduzione esercitata dalle idee semplici di proporzionalità. Basterà qualche esempio per illustrare la leggerezza con cui si passa da un ordine di grandezze a un altro.

Uno dei tratti più caratteristici delle cosmogonie del XVIII secolo è la loro brevità. E anche se quelle di Buffon e del barone de Marivetz sono leggermente circostanziate, il loro principio resta rudimentale. Talvolta bastano un'immagine o una parola. Il mondo viene spiegato in poche righe, con un riferimento semplice a un'esperienza usuale, passando senza impaccio dal piccolo al grande. È così, per esempio, che il conte de Tressan si riferisce all'esplosione della lacrima batavica, semplice goccia di vetro bollente immersa nell'acqua fredda, per far comprendere l'esplosione che "separò la materia dei pianeti dalla massa del Sole".¹⁵

Vediamo ora il programma proposto da un membro dell'Académie ai suoi colleghi per giudicare della validità dell'ipotesi cartesiana dei vortici:¹⁶ "Scegliere uno stagno per farvi girare l'acqua al centro, la quale comunicherà il movimento al resto dell'acqua con diversi gradi di velocità, ed esaminarvi il movimento dei diversi corpi galleggianti in diversi luoghi e allontanati in modo ineguale dal centro, al fine di fare qualche paragone coi pianeti del mondo".

Quando il microscopio fece improvvisamente crescere l'esperienza umana sul versante dell'infinitamente piccolo, per far concepire la profondità di questo infinito ci si servì del tutto naturalmente di una proporzionalità biologica posta senza alcuna prova o misura. De Bruno¹⁷ ricorda ancora nel 1785 il seguente ragionamento di Wolf, privo di ogni fondamento oggettivo: "Lo spazio di un chicco d'orzo può contenere 27 milioni di animali viventi, dotato ognuno di ventiquattro zampette [...], il più piccolo granello di sabbia può servire da dimora a 294 milioni di animali organizzati, che propagano la loro specie e che hanno nervi, vene e fluidi che li riempiono, i quali sono senza dubbio rispetto ai loro corpi nella stessa proporzione in

¹⁵ De Tressan, op. cit., t. II, p. 464.

¹⁶ Joseph Bertrand, *Histoire de l'Académie des Sciences*, p. 8. 16. De Bruno, op. cit., p. 176.

¹⁷ De Bruno, op. cit., p. 176.

cui lo sono i fluidi del nostro corpo rispetto alla sua massa". È sorprendente che una realtà instaurata così chiaramente in un ordine di grandezza tipico come lo è un corpo vivente venga minimizzata in questo modo e senza l'ombra di una prova da certi spiriti prescientifici. Va notato inoltre che il mito del contenuto permette qui di determinare un contenuto numericamente preciso (294 milioni di esseri viventi) in un contenente impreciso che può variare dal semplice al doppio (un granello di sabbia). Sono già state spesso ricordate affermazioni ancora più audaci di osservatori che pretendevano di aver scoperto alcuni infusori dal volto umano. Maillet, notando che la pelle umana sembra al microscopio ricoperta di "piccole scaglie", vi trova la conferma della sua tesi sull'origine marina dell'uomo. Fatta eccezione per gli osservatori di grande talento i quali, con le loro osservazioni pazienti e ininterrottamente *riprese*, superarono lo stato dello stupore iniziale, le osservazioni microscopiche furono l'occasione dei giudizi più incredibili.

D'altro canto, va sottolineata anche la grande differenza fra le tonalità affettive delle riflessioni sui due infiniti. Quando vennero in qualche modo moltiplicati dalle invenzioni del telescopio e del microscopio, fu sul versante dell'infinitamente piccolo che si ebbe maggior difficoltà a raggiungere la calma. Questa dissimmetria nello spavento scientifico non è sfuggita a Michelet che *nell'Insecte* ci offre uno svelto parallelo (p. 92): "Nulla di più strano che osservare le impressioni del tutto contrarie che le due rivoluzioni provocarono sui loro autori. Di fronte all'infinito del cielo, dove tutto sembra armonico e meravigliosamente calcolato, Galileo prova una gioia e una sorpresa ancora maggiore, e annuncia la cosa all'Europa con lo stile più brioso. Swammerdam, di fronte all'infinito del mondo microscopico, sembra colto dal terrore. Indietreggiando di fronte all'abisso della natura in lotta, che divora se stessa, si turba e sembra temere che tutte le sue idee e le sue credenze ne vengano scosse". In queste reazioni intervengono senz'altro influenze psicologiche particolari, ma possono servirci comunque come prova della strana valorizzazione affettiva che trasmettiamo ai fenomeni sottratti improvvisamente al nostro ordine di grandezza. Le frequenti lezioni di umiltà che ci danno gli autori prescientifici e i divulgatori attuali rivelano abbastanza chiaramente una certa resistenza ad abbandonare l'ordine di grandezza abituale.

Queste resistenze a oltrepassare il livello biologico in cui inseriamo le conoscenze della nostra vita e i tentativi di portare l'umano all'interno delle forme elementari della vita vengono ormai radicalmente ridotti. Forse il ricordo di questo successo dell'oggettività biologica dovrebbe aiutarci a vincere la resistenza che l'oggettività atomica incontra al giorno d'oggi. Ciò che intralcia il pensiero scientifico contemporaneo, se non nei suoi creatori almeno nel compito dell'insegnamento, è l'attaccamento alle intuizioni abituali, l'esperienza comune presa secondo il nostro *ordine di grandezza*. Occorre allora rompere con le abitudini. Lo spirito scientifico deve combinare la flessibilità con il rigore. Quando si volge a nuovi ambiti deve riprendere tutte le sue costruzioni, senza imporre ovunque la legalità dell'ordine di grandezza che gli è familiare. Come dice Reichenbach,¹⁸ "Non bisogna dimenticare che di fatto quasi ogni nuovo campo oggettivo scoperto in fisica comporta

¹⁸ [H.] Reichenbach, *La Philosophie scientifique*, [Hermann, Paris 1932], p. 16 [Ziele und Wege der heutigen Naturphilosophie, Leipzig 1931].

l'introduzione di nuove leggi". Avendo tuttavia il pensiero scientifico attraversato nell'ultimo secolo numerose rivoluzioni, tale necessità diventa comunque sempre più facile da adempiere. Non era lo stesso al tempo dei primi distacchi. L'abbandono delle conoscenze del senso comune è un sacrificio difficile. Non dobbiamo stupirci allora delle ingenuità accumulate nelle descrizioni iniziali di un mondo sconosciuto.

VI

D'altro canto, è facile mostrare come le immagini familiari non aiutino, anzi intralcino la matematizzazione dell'esperienza. Immagini così vaghe e rozze offrono una configurazione su cui la geometria non ha alcuna presa. È in questo modo che la rifrazione della luce troverà subito la sua "immagine materiale", la quale bloccherà a lungo il pensiero negandone le "esigenze matematiche". Un autore anonimo del 1768 ci offre questa rapida intuizione:¹⁹ "Se si pianta un chiodo piuttosto lungo nel gesso o nella pietra, quasi sempre il ferro si curva". Uno spirito non scientifico non ha bisogno d'altro per "comprendere" l'esperienza scientifica. Nell'insegnamento elementare della fisica, ho avuto spesso occasione di constatare che questa "immagine materiale" offre agli spiriti impigriti una soddisfazione immediata e disastrosa. Si torna all'immagine primitiva persino quando viene fornita una dimostrazione precisa. È così che il padre Castel, criticando i chiari lavori di Newton, vuol provare il carattere fittizio del concetto di rifrangibilità con cui Newton spiega la rifrazione dei raggi nel prisma. Il Castel invoca infatti alcune immagini familiari, fra le quali anche quella di un fascio di bastoncini che viene piegato. Individualmente, dice, hanno tutti la stessa "piegabilità", eppure il venir messi in fascio comporta delle divergenze e i bastoncini posti sopra il fascio si piegheranno di meno. Lo stesso vale per un fascio di raggi che viene rifratto... Molto sorprendente è anche constatare che nel momento in cui viene scoperta la doppia rifrazione, diverse opere lasciano il raggio straordinario galleggiare senza legge accanto al raggio ordinario designato chiaramente dalla legge del seno. *Nell'Encyclopédie*, per esempio, si legge (art. "Cristallo d'Islanda"): "Di questi due raggi, l'uno segue la legge ordinaria, il seno dell'angolo d'incidenza dell'area nel cristallo sta al seno dell'angolo di rifrazione come 5 sta a 3. Quanto all'altro raggio, esso si rompe secondo una legge particolare". L'indeterminazione s'aggiusta quindi bene con la determinazione scientifica.

Qualche volta lo spirito prescientifico s'accontenta di immagini ancora più vaghe, al punto che ci si dovrà chiedere se non occorrerà parlare di un autentico *bisogno di vaghezza* che va a sfumare persino le conoscenze quantitative. Così, per spiegare la rifrazione, Hartsoeker fornirà il paragone seguente: "A un raggio di luce non succede altro che quello che si vedrebbe accadere a un uomo il quale, dopo aver traversato una folla di bambini incontrasse obliquamente nell'uscire di là una folla di uomini forti e vigorosi, perché passando obliquamente dalla folla degli uni in quella degli altri quest'uomo verrebbe certamente deviato dal suo cammino". Segue una spiegazione, con aggiunta di figura, che pretende di mostrare la *rifrazione* di un uomo che

¹⁹ Anonimo, *Essai de Physique en forme de lettres*, Paris 1768, p. 65.

lavora di gomiti. E non si tratta qui di un paradosso accidentale, come ne emergono talvolta dal brio anglosassone di certi professori. Si tratta del fondo stesso della spiegazione.

Il rifiuto di un'informazione matematica discorsiva, che porterebbe a ordinare in serie le diverse approssimazioni, viene fatta a beneficio di una *forma d'insieme*, di una legge espressa con una matematica vaga che soddisfa il labile bisogno di rigore degli spiriti privi di chiarezza. Un dottore della Sorbona, Delairas, scrive nel 1787 un grosso libro dal titolo: "Fisica nuova formante un corpo di dottrina e sottoposta alla dimostrazione rigorosa del calcolo". Ora, vi si cercherebbe invano la minima equazione. Il sistema di Newton, dopo un secolo di successo, vi viene criticato e perentoriamente rifiutato su vari punti senza che ne vengano esaminati i diversi rapporti matematici. L'autore, invece, ha fiducia in forme generali come questa: "Ogni massa che occupa il centro di uno di quei cantoni dell'universo che vengono chiamati *sistemi*, non è che un composto di moti organici che ritornano su se stessi formando ogni specie di giochi di movimento. Questi moti intestini, ritornando su se stessi sono soggetti a incrementi di velocità che provengono dalle facoltà acceleratrici". Ci sembra molto caratteristico osservare il modo in cui *l'imprecisione critica la precisione*. L'autore si riferisce continuamente a "una geometria naturale alla portata di tutti" (p. 247), affermando in tal modo che, per raggiungere la conoscenza matematica dei fenomeni, esiste almeno una via popolare, se non una via reale.

Colpisce assai che una "meccanica" che rifiuta le caratteristiche del numero torni sempre a circostanziare i fenomeni meccanici con degli aggettivi. L'abate Poncelet scrive per esempio:²⁰ "Vi sono tanti generi di movimento quante sono le modifiche cui è suscettibile il movimento stesso. C'è il movimento diritto, obliquo, circolare, centripeto, centrifugo, d'oscillazione, di vibrazione, di commozione, di vertigine ecc.". Le critiche dell'abate Pluche sono animate dallo stesso bisogno di vaghezza e dalla stessa ricerca di qualificativi diretti. Secondo lui la legge della gravitazione di Newton, che consiste nell'incremento o nella diminuzione delle potenze attrattive in ragione inversa del quadrato della distanza [...], è il progresso di tutto ciò che si disperde intorno. È il progresso degli odori ...".²¹ Ci si chiede come una visione generale così accomodante possa ritenersi soddisfatta di un *incremento* di potenza col campo d'azione.

Marat è animato dallo stesso disprezzo nei confronti della matematica²² e, dopo aver criticato a lungo l'ottica di Newton, scrive: "Appaiono qui, in tutta la loro chiarezza, l'abuso della scienza e la varietà delle speculazioni matematiche: perché a cosa sono giunti tante esperienze ingegnose, tante fini osservazioni, tanti calcoli scientifici, tante ricerche profonde, se non a stabilire una teoria erronea che un semplice fatto è in grado di ribaltare irreversibilmente? E perché sono stati prodigati tanti sforzi geniali, tante formule strane, tante ipotesi rivoltanti, tante cose meravigliose, se non per far sentire meglio l'imbarazzo dell'autore?". Per quanto riguarda noi, che ci poniamo dal punto di vista psicoanalitico, dobbiamo chiederci se *l'imbarazzo* in cui Newton viene accusato di trovarsi non sia piuttosto una prova

²⁰ Poncelet, op. cit., p. 30.

²¹ Abate Pluche, Histoire du Ciel, [1739], Nuova edizione, Paris 1778, t. ii, p. 290 [[tr. it.](#) Istoria del cielo, G. Pasquale, Venezia 1741].

²² Marat, Mémoires académiques, o nuove scoperte sulla luce, relative ai punti più importanti dell'ottica, Paris 1788, p. 244.

dell'imbarazzo del suo lettore di fronte alle difficoltà matematiche dell'opera. L'ostilità verso la matematica è un brutto segno quando si allea alla pretesa di cogliere direttamente i fenomeni scientifici. Marat si spinge sino a dire che Newton "correva dietro a delle chimere, fece un romanzo fisico e si sfinì in ridicole finzioni, pur avendo sempre la natura sotto gli occhi".

VII

La semplice questione della *facilità* o della *difficoltà* degli studi è molto più importante di quanto si creda. Non si tratta affatto di un aspetto secondario, perché dal punto di vista psicologico in cui ci poniamo in quest'opera, la *difficoltà* di un pensiero è piuttosto un aspetto di primaria importanza. È questa *difficoltà* a tradursi in autentiche oppressioni psicologiche e a caricare di affettività la cultura scientifica. Solo lei è in grado di spingere Marat, nel suo periodo di dolcezza, quando pur professava sensibilità e cortesia, ad accusare Newton di rincorrere delle chimere e di sfinirsi in ridicole finzioni. Ma è la stessa difficoltà, poi, che per una sua ambivalenza caratteristica, attrae gli spiriti più forti. Infine, se ci si basa solo sulla questione della *facilità relativa*, è possibile mostrare che la conoscenza oggettiva ha subito un'inversione quando è passata dall'era prescientifica a quella scientifica.

Non è raro infatti notare che nel corso del XVIII secolo la fisica viene considerata come più facile della geometria elementare. Nel discorso preliminare alla sua Fisica, Castel scrive:²³ "La fisica è di per sé semplice, naturale e facile: intendo facile da capire. Se ne conoscono i termini e se ne conoscono gli oggetti. Noi, naturalmente, osserviamo e proviamo la maggior parte delle cose: la luce, il calore, il freddo, il vento, l'aria, l'acqua, il fuoco, il peso, l'energia, la durata, ecc. Ogni colpo d'occhio è un'osservazione della natura; ogni operazione dei nostri sensi e delle nostre mani è un'esperienza. Siamo tutti un po' dei fisici, in modo maggiore o minore secondo che si abbia lo spirito più o meno attento e capace di un ragionamento naturale. La geometria invece, tanto *nel suo oggetto*, quanto *nei suoi modi* e persino nei suoi termini, è del tutto astratta e misteriosa". Ho dato più volte questo testo come soggetto d'esercitazione scritta a degli studenti di filosofia, senza indicarne l'autore. Il più delle volte i commenti sono stati elogiativi e vi si riconosceva una bella espressione delle tesi pragmatistiche. Gli spiriti filosofici, ebbri d'intuizioni primitive e ostili a tutte le astrazioni, non esitano a fare di questo testo invecchiato e tutto intriso di spirito prescientifico un tema attivo e ancora attuale.

È proprio sotto l'aspetto della semplicità essenziale che Castel giudica e condanna la scienza newtoniana. Egli constata che con Newton l'ordine delle difficoltà pedagogiche delle scienze fisiche e matematiche viene invertito, perché occorre conoscere il calcolo integrale per comprendere il movimento degli astri e i fenomeni luminosi. In quest'inversione egli vede un'anomalia da correggere, e scrive il suo grosso libro allo scopo di rimettere la fisica al posto che lui crede buono e giusto, che è poi il suo aspetto facile e immediato.

²³ Louis Castel, gesuita, Le vrai système de Physique générale de Newton, esposto e analizzato con quello di Descartes, alla portata dei fisici comuni, Paris 1743, p. 6.

In primo luogo, dal punto di vista sperimentale occorre salvaguardare la semplicità. Ci furono - a suo dire - numerosi fisici che non riuscirono nell'esperimento di Newton sulla dispersione della luce per mezzo del prisma. Quante complicazioni, si diceva! "Servono dei prismi; ed è la cosa più semplice. Serve una camera oscura. Servono degli appartamenti lunghi, e chi ne ha, soprattutto fra gli scienziati di professione? Serve questo e serve quello; serve un armamentario di mille chissà cosa. E poi occorre del tempo e una serie di mille operazioni molto delicate, senza parlare di un certo spirito d'osservazione." E Castel conclude (p. 488) che "per svolgere bene questi esperimenti sulla rifrazione luminosa bisognerebbe esser milionari".

D'altra parte (p. 452), "i colori del prisma non sono che dei colori fantastici, speculativi, ideali, al vertice dello spirito e degli occhi [...]. In che modo, misurandovi solo degli angoli e delle linee, il signor Newton si è vantato di pervenire alla conoscenza profonda e filosofica dei colori? In fatto di colori, il solo utile e il solo sostanziale sono i colori dei pittori e dei tintori. Quelli sì che si lasciano veramente maneggiare, studiare, combinare e analizzare in ogni maniera. Sarebbe sorprendente, eppure è assai verosimile che Newton abbia passato tutta la sua vita a studiare i colori, senza gettar mai uno sguardo nel laboratorio di un pittore o di un tintore, oppure sui colori stessi dei fiori, delle conchiglie, della natura". Come si vede, l'intuizione realista qui è dominante. Lo spirito prescientifico vuole che un colore sia il colore di qualcosa. Vuole maneggiare la sostanza colorata. Comporre i colori significa per lui comporre delle sostanze colorate. Castel torna sulla questione anche in un'altra opera. Per lui l'homo faber è il grande maestro di fisica. Più il mestiere sarà materiale e più sarà istruttivo.²⁴ "I tintori, sia detto senza dispiacere a nessuno, sono i veri artigiani dei colori [...], i colori sono l'unico scopo del tintore. Per il pittore essi sono solamente un mezzo." Il termine spettro, che in noi non risveglia più alcuno sconcerto, ha ancora tutto il suo senso (p. 376): "Diffidavo del prisma e del suo spettro fantastico. Lo consideravo come un'arte incantatoria, come uno specchio infedele della natura, più proprio, col suo splendore, a stimolare l'immaginazione e ad assecondare l'errore che a nutrire solidamente lo spirito e a trarre l'oscura verità dal pozzo profondo [...]. Lo consideravo con terrore, come uno scoglio indicato dal naufragio di un vascello famoso seguito da mille altri vascelli". L'eccesso delle immagini, il timore di spendere un milione per comprare un prisma, tutto concorre a provarci l'affettività che riempie l'inconscio del nostro autore in lotta contro il matematismo newtoniano.

Dopo aver mostrato la volontà di attenersi all'esperienza fisica per spiegare la fisica, osserviamo tuttavia in che modo uno spirito prescientifico si opponga all'informazione matematica. Castel reagisce soprattutto contro la teoria dell'attrazione. Per lui, Newton "si era abbandonato troppo aridamente alla geometria. Avaro di forme, perché nei corpi non riconosceva altre differenze che la materia stessa, la densità e il peso, era di conseguenza altrettanto avaro di materia quanto Descartes ne era prodigo. [Egli ha] smaterializzato gli spazi celesti". Il rimprovero di astrazione viene dunque presentato come obiezione preliminare al primo sforzo d'informazione matematica della fisica, che è quello effettuato da Newton. Ci si complimenterà

²⁴ Louis Castel, gesuita, *L'Optique des couleurs*, Paris 1740, p. 38.

allora col Newton matematico per distruggere meglio il Newton fisico:²⁵ "Il sistema che [Newton] dà nel terzo libro [dei Principi] come un sistema di fisica è realtà solo matematico. Il che gli assicura incontestabilmente l'appellativo di fisico-matematico: resta da sapere se un sistema realmente fisico-matematico possa essere considerato come un vero sistema di fisica".

Non si tratta, naturalmente, di una critica isolata. Si tratta piuttosto di un leitmotiv del XVIII secolo. C'è insomma la reale volontà di allontanare la matematica dalla fisica. Per non pochi autori la matematica non spiega affatto i fenomeni. De Marivetz scrive in tutta tranquillità e senza altri commenti:²⁶ "Questa frase, *calcolare un fenomeno*, è molto impropria: è stata introdotta in fisica da coloro che sanno meglio *calcolare che spiegare*". Basterebbe forzare appena le parole di questa opinione sul ruolo della matematica in fisica, per ritrovare quella teoria epistemologica continuamente ribadita ai giorni nostri che vuole che la matematica *esprima*, ma non che *spieghi*. Contro questa teoria, crediamo invece personalmente che il pensiero matematico costituisca la base della spiegazione fisica e che le condizioni del pensiero astratto siano ormai inseparabili dalle condizioni dell'esperienza scientifica.

D'altra parte, molti di questi avversari dell'informazione matematica precisa si servono ugualmente di termini geometrici. E se ne servono anche con un'incredibile disinvoltura. Carra,²⁷ per esempio, crede che le comete descrivano "una parabola a spirale" e spiega il suo sistema astronomico nel modo seguente: "Secondo la mia teoria, il primo movimento di proiezione di tutti i corpi celesti è una linea che declina in parabola; questa parabola diventa spirale; questa spirale si conforma in ellisse, l'ellisse in cerchio; il cerchio torna ellisse; l'ellisse parabola e la parabola iperbole. Questo cambiamento graduale di curve semplici in curve composte, e di curve composte in curve semplici spiega non solo i cambiamenti, la mutazione degli assi polari, la loro inclinazione gradativa e degradativa, l'obliquità degli equatori...". Potremmo accumulare senza fine macedonie geometriche di questo genere. Questo esempio basta però a indicare la seduzione esercitata dalle immagini geometriche poste in blocco, senza che per giustificarle venga apportato il minimo principio di costituzione, senza che venga fornita - e a ragione! - la trasformazione che permette di passare da una curva all'altra, dall'ellisse all'iperbole. Al contrario, la concezione matematica e giusta che viene realizzata nel sistema di Newton permette di considerare diversi casi geometrici, lasciando un certo gioco - ma un gioco determinato - per le realizzazioni empiriche. Il sistema di Newton offre un piano di possibilità, un pluralismo coerente della quantità che permette di concepire orbite non solamente ellittiche, ma anche paraboliche e iperboliche. Le condizioni quantitative delle loro realizzazioni sono determinate con precisione: esse formano un piano capace di riunire in un'unica visione generale le attrazioni e le repulsioni elettriche.

Su questo semplice esempio in cui si paragonano l'attività dell'immaginazione e l'attività della ragione, è possibile sentire la necessità della spiegazione algebrica,

²⁵ Louis Castel, *Le vrai système de Physique générale de Newton*, cit., p. 52.

²⁶ De Marivetz, op. cit., t. v, p. 57.

²⁷ Carra, *Nouveaux Principes de Physique*, cit., t. II, p. 182.

quindi indiretta e discorsiva, di quelle forme geometriche troppo seducenti per l'intuizione.

Nella storia e nell'insegnamento è d'altronde possibile cogliere piuttosto facilmente la valorizzazione inconscia delle forme geometriche semplici. E così, se ci si limita ad alcuni enunciati generali delle leggi di Keplero, si può esser praticamente certi che si verrà capiti male. La ragione è che lo spirito prescientifico pensa le ellissi descritte dai pianeti a partire dal cerchio, che resta la forma pura, la forma naturale, la forma valorizzata. Per lo spirito prescientifico l'ellisse è un cerchio fatto male, un cerchio schiacciato o, come dice ancora un autore del XVIII secolo con una formula che indica assai bene la valorizzazione in atto, l'ellisse è un cerchio *in via di guarigione*. Per un'intuizione del genere, l'ellisse è già una perturbazione, è il risultato di un vero e proprio *accidente*. Tale concezione è particolarmente chiara nel sistema di Nicolas Hartsoeker. In un libro dal titolo *Congetture fisiche* pubblicato nel 1706, Hartsoeker collega l'ellitticità dell'orbita della Terra a degli sconvolgimenti *terrestri*, analoghi al terremoto del 18 settembre 1692 (pp. 25, 26 e 27). Tali terremoti provocano per lui dei cedimenti che aumentano la densità della Terra, la quale *cade* allora verso il Sole in quanto è diventata più pesante, e scendendo perde velocità, senza dubbio in ragione di una sua incorporazione in un vortice interiore (?). Resta allora statica per un istante, poi risale al posto da cui era partita, senza che nel lungo sviluppo di Hartsoeker si riesca a distinguere bene in che modo e perché la Terra torni al suo posto iniziale. In ogni caso, siccome il cataclisma ha determinato un avvicinamento seguito da un allontanamento, abbiamo ora due raggi differenti: questo basta, pensa Hartsoeker, a spiegare l'ellitticità della sua orbita. Non è poi su questo che Hartsoeker sente il bisogno di prove. Per lui, l'ellitticità è innanzitutto un *accidente*. I più grandi sforzi li farà infatti per fornire la prova di *tali accidenti*. Ma non si spinge troppo lontano per trovare ciò che gli occorre e studia la complicazione degli strati geologici. È così che, senza transizione alcuna, passa alla descrizione dei diversi strati di terra incontrati durante lo scavo di un pozzo di 232 piedi in cui si passa dall'argilla alla sabbia, dalla sabbia all'argilla e di nuovo dall'argilla alla sabbia... Altrettante contraddizioni materiali che solo degli accidenti possono aver provocato, accidenti materiali che hanno poi provocato a loro volta gli accidenti astronomici. Ciò che è mal fatto in cielo è il risultato di ciò che è fatto male sulla Terra.

Tali immagini primitive di una topologia ingenua sono assai poco numerose. Esse costituiscono quindi mezzi di comprensione che vengono utilizzati continuamente. Quest'uso costante fa però attribuire loro una maggiore importanza, il che spiega la valorizzazione che stiamo incriminando. Così, per uno spirito prescientifico, ogni rotondo è un cerchio, ma tale ampliamento di un carattere intuitivo conduce a degli sbagli reali. Voltaire, per esempio, enuncia tranquillamente l'enormità che segue:²⁸ "Un cerchio cambiato in ovale non aumenta né diminuisce di superficie". Egli immagina che sia l'area inclusa nella curva a misurare la piena realtà di tale curva: una linea ben chiusa è fatta per contenere una realtà come un bene. Non è impossibile ritrovare intuizioni ancora più cariche. Per l'intuizione animista - lo si può osservare piuttosto spesso - ogni ovale è un uovo.

²⁸ Voltaire, *Oeuvres complètes*, ed. 1828, Paris, t. 41, p. 334.

C'è un autore che esplicita questa sciocchezza in modo piuttosto chiaro, Delairas, che scrive nel 1787, e pretende di aver trovato una dottrina sintetica della generazione.

Tale generazione, secondo lui, si fa seguendo un principio uniforme; le circostanze particolari apporterebbero solo delle differenze nell'applicazione del principio. Propone inoltre di studiare i principi della generazione "relativamente agli esseri organizzati più considerevoli, dove la natura sviluppa in grande le disposizioni che segue e che sembra nascondersi negli esseri meno composti e di volume più piccolo". Si mette quindi a chiarire il problema della generazione degli animali con la generazione degli astri. Per farlo, gli occorre solo un minimo di geometria. Il fluido astronomico di un astro non assume forse la forma ovale? Ora, ²⁹ "ogni generazione si fa per via di uovo, *cuncta ex ovo*, ossia con un ovale". Ecco l'essenza della prova, ed ecco tutta la prova. Nella sua puerilità e nella sua sorprendente secchezza geometrica riconosciamo il tipo della generalizzazione animista. Tanto più che una visione filosofica basata su un'intuizione "profonda" e su una pretesa comunione con la vita universale può avere forse altra ricchezza e altro fondamento dell'uovo astronomico di Delairas? In ogni caso, la rappresentazione geometrica ne fa emergere l'aspetto ridicolo e occorre un inconscio ben operato per spingere a una generalizzazione animista di questo genere.

Per rompere con la seduzione esercitata dalle forme semplici e compiute su cui possono accumularsi tante interpretazioni erranee, la cosa migliore è esplicitarne la produzione algebrica. Un insegnamento scientifico dei movimenti planetari, per esempio, non deve accontentarsi di ripetere che i pianeti compiono delle ellissi intorno al Sole posto in uno dei fuochi: con un calcolo discorsivo, tale insegnamento deve collegare la realtà algebrica dell'attrazione col fenomeno del movimento kepleriano. Sarebbe senza dubbio più semplice *insegnare solo il risultato*, ma l'insegnamento dei *risultati* della scienza non è mai un insegnamento scientifico. Se la linea di produzione spirituale che ha portato al risultato non viene esplicitata, si può esser certi che lo studente combinerà il risultato con le sue immagini più familiari. È pur necessario "che capisca", e si ricorda solo capendo. Lo studente capisce a modo suo. E siccome non gli sono state date delle ragioni, egli aggiunge al risultato le sue ragioni personali. A proposito del problema di cui ci occupiamo, un professore di fisica che fosse anche psicologo potrebbe riconoscere facilmente il modo in cui un'intuizione non spiegata "matura". Per questo è abbastanza frequente che in capo a qualche settimana, quando il ricordo verbale della lezione ha lasciato il posto, come dice tanto bene Pierre Janet, al ricordo elaborato, il Sole si è spostato: non è più nel fuoco dell'ellisse ma ne è al *centro*. Nell'insegnamento dei risultati, infatti, cos'è il fuoco di un'ellisse? Perché un fuoco e non l'altro? Se un fuoco viene *reificato* dal Sole, perché l'altro è deserto? Quando il risultato corretto viene mantenuto in memoria, è soprattutto grazie alla costruzione di tutta un'impalcatura di errori. All'inizio è la parola fuoco a salvare tutto. Che il *Sole sia un* fuoco è sin troppo chiaro! È così che dona la sua luce e il suo calore a tutto l'universo. Se il

²⁹ Delairas, *Physique nouvelle* formante un corpo di dottrina e sottoposta alla dimostrazione rigorosa del calcolo, Paris 1787, "Presso l'autore, rue des vieilles Garnisons, di fronte al lampione", p. 268.

"fuoco" di un'ellisse avesse ricevuto un nome diverso, un nome matematico e neutro, l'enunciazione corretta delle leggi di Keplero sarebbe stata una questione più difficile per un maturando e gli errori formali si sarebbero moltiplicati. Anche l'espressione del conte de La Cépède è molto sintomatica per la sua indeterminazione geometrica e per l'esigenza di un avverbio pomposo:³⁰ "Il Sole [...] occupa gloriosamente uno dei fuochi delle rivoluzioni delle nostre comete e dei nostri pianeti". Insegnando fisica ho incontrato tuttavia "razionalizzazioni" ancora più capziose di questa semplice razionalizzazione linguistica. Un alunno intelligente mi diede un giorno la seguente risposta: il Sole è nel fuoco dell'ellisse terrestre, perché se ne fosse stato al centro vi sarebbero due estati e due inverni in un solo anno. Quest'obiezione, fondata sulla completa ignoranza dell'influenza dell'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica, è psicologicamente istruttiva. Essa ci mostra uno spirito ingegnoso in procinto di coefficientare la sua rappresentazione totalitaria figurata. Lo spirito vuole collegare tutte le sue conoscenze all'immagine centrale e primitiva. È necessario che tutti i fenomeni vengano spiegati per mezzo della conoscenza più grande. È questa la legge del minimo sforzo.

Se il professore di fisica moltiplicasse le sue inchieste psicologiche, rimarrebbe sorpreso dalla varietà delle "razionalizzazioni" individuali per una stessa conoscenza oggettiva. Basta lasciar passare qualche settimana dalla lezione per constatare quest'individualizzazione della cultura oggettiva. Sembra addirittura che un'immagine troppo chiara, colta in modo troppo facile e vivo, attiri poi durante il lento lavoro dell'individualizzazione un nugolo di ragioni false. Converrebbe fermare le proliferazioni soggettive con dei ritorni frequenti sui temi oggettivi trattati. Si tratta di un *insegnamento ricorrente* particolarmente trascurato nei nostri corsi secondari e che ci sembra invece indispensabile per affermare una cultura oggettiva.

La storia delle scienze, questa miniera inesauribile di errori ragionati, potrebbe beninteso fornirci non pochi esempi di questa supremazia dell'immagine risultante rispetto al calcolo che deve spiegarla. Sorprendenti sono le obiezioni assolutamente realistiche mosse da Castel sulla questione assai precisa dell'ellitticità delle orbite planetarie, dedotta da un calcolo corretto dell'attrazione in ragione inversa del quadrato della distanza. Esse raggiungono le obiezioni pedagogiche sollevate da noi: "Se ci fosse [...] da decidere sulla priorità dei due, sarebbe incontestabilmente più naturale dedurre la ragione [il rapporto] I/D^2 dall'ellitticità, che l'ellitticità dalla ragione I/D^2 . L'ellitticità è una cosa ben più conosciuta di questa ragione. Essa ci è data dall'osservazione immediata dei movimenti celesti; è un fatto sensibile e di fisica pura. Invece la ragione I/D^2 è affare della geometria e di una geometria profonda, sottile, in una parola, newtoniana".³¹ L'ultima considerazione costituisce per Castel la critica maggiore. Eppure sembra che questa si rivolti subito contro il suo autore. Castel non ha voluto seguire Newton nella *realizzazione matematica* dell'attrazione. Tuttavia fa egli stesso delle dichiarazioni insieme generali e vaghe, che non hanno corso nell'ambiente scientifico (p. 405): "tutto accade per una contrannitanza". Non c'è nulla di più *individualizzato* dell'astronomia di Castel.

³⁰ De La Cépède, *Essai sur l'électricité*, cit, t. II, p. 244.

³¹ Louis Castel, *Le vrai système de Physique*, cit., pp. 97, 98.

Accumulando gli errori, ha trovato il modo di pensare soggettivamente le conoscenze oggettive riassunte nel sistema di Newton.

È comunque possibile cercare di lottare direttamente contro la valorizzazione delle immagini geometriche abituali provando a collegarle con famiglie d'immagini più generali. Uno spirito matematico in grado di comprendere l'ellisse come un caso particolare delle curve di secondo grado, è certamente meno schiavo della realizzazione di un'immagine particolare. Gli esperimenti sull'elettricità, ponendoci davanti a forze repulsive e fornendoci un esempio reale importante delle traiettorie iperboliche, come nell'esperimento di Rutherford sulla deviazione delle particelle a traverso una lastra sottile, hanno aiutato la giusta generalizzazione dei principi newtoniani. Sotto questo aspetto, la generalizzazione oggettiva è un'evasione dalle immagini individuali. Né si esagererebbe nel raccomandare le *inversioni* dell'ordine costruttivo sin dall'insegnamento elementare. Il problema dell'astronomia newtoniana non lo si domina realmente che quando si è in grado di ricavare la legge dalla forma empirica, oppure quando si è capaci di ricostruire la forma pura basandosi sulla legge. Solo allora il problema delle perturbazioni acquista un senso. Questa considerazione tanto evidente e che non è certo nuova acquista tutto il suo valore se la si giudica, da un punto di vista psicologico, come un incitamento a moltiplicare l'esercizio psicologico dell'analisi e della sintesi reciproche. Se si compiono esercizi nei due sensi, si eviterà che lo spirito si compiaccia di una procedura preferita che verrà subito valorizzata. Si correggerà così, in particolare, la tendenza al riposo intellettuale data dalla pratica dell'intuizione e si svilupperà l'abitudine al pensiero discorsivo. Anche nel semplice ambito delle immagini abbiamo provato spesso utilmente a convertire alcuni valori. Per questo, insegnando, ho sviluppato l'antitesi seguente: per la scienza aristotelica, l'ellisse è un cerchio fatto male, un cerchio schiacciato; per la scienza newtoniana, il cerchio è un'ellisse impoverita, un'ellisse i cui fuochi si sono appiattiti l'uno sull'altro. Ho fatto allora l'avvocato dell'ellisse: il centro dell'ellisse è inutile, perché essa ha due fuochi distinti; per il cerchio, la legge delle aree è una banalità; per l'ellisse, la legge delle aree è una scoperta. A poco a poco e dolcemente, provavo a disancorare lo spirito dal suo attaccamento a certe immagini privilegiate. Lo impegnavo nelle vie dell'astrazione, sforzandomi di dare il gusto dell'astrazione. Il principio primo dell'educazione scientifica, in campo intellettuale, mi sembra insomma essere quell'ascetismo che è il pensiero astratto. Solo lui può condurci al dominio della conoscenza sperimentale. Non esito poi a presentare il rigore come una psicoanalisi dell'intuizione, e il pensiero algebrico come una psicoanalisi del pensiero geometrico. La nostra immaginazione è una sublimazione persino nel regno delle scienze esatte. È utile, ma può ingannare se non si sa cosa si sublima e come si sublima. E valida solo se il principio ne è stato psicoanalizzato. L'intuizione non deve mai essere un dato. Dev'essere sempre un'illustrazione. Col nostro ultimo capitolo cercheremo quindi di mostrare nel modo più generale possibile la necessità di una psicoanalisi della conoscenza oggettiva.