

BISOGNA PORTARE IL PENSIERO DELLA MORTE COME I SIGNORI DELL'EPOCA PORTAVANO IL FALCONE SULLA SPALLA

Tamara Bellone⁽¹⁾ – Luigi Mussio⁽²⁾

⁽¹⁾ Politecnico di Torino – DIATI – Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10139 Torino
Tel. 011-364-7709 – Fax 011-564-7699 – e-mail tamara.bellone@polito.it

⁽²⁾ Politecnico di Milano – DICA – Piazza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano
Tel. 02-2399-6501 – Fax 02-2399-6602 – e-mail luigi.mussio@polimi.it

con il contributo di Gianfranco Forlani

Università degli Studi di Parma – Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura
Parco Area delle Scienze 181/A – 43124 Parma
Tel. 0521-905-934 – Fax 0521-905-924 – e-mail gianfranco.forlani@unipr.it

Riassunto – Il titolo è tratto da un pensiero, forse un po' conturbante, ma certamente necessario, di Michel Eyquem de Montaigne e serve per fare un bilancio onesto. Infatti la scelta di essere agnostici qualifica coloro che scrivono come scettici e relativisti moderati, riducendo molti loro pensieri al solo strumentalismo operativo, proposto da Percy Williams Bridgman. A riguardo, importante è la critica delle metodologie e procedure, comunemente impiegate, e come cautelarsi dagli errori grossolani, sempre possibili. Infatti un'analisi approfondita della logica della ricerca scientifica, ma non solo, constata la mancanza di verità sicure ed assolute, ritrovando invece solo alcune certezze, spesso molto precarie e provvisorie. In questo contesto, la conoscenza scientifica si struttura costruendo una sua teoria, in accordo con il matematico e filosofo Federigo Enriques, e riconoscendo come la scienza dipenda dall'ambiente, secondo la lezione del matematico e fisico Erwin Schrödinger. Dopodiché ritornando al pensiero espresso dal titolo, in una postfazione a mo' di commiato, le Tuscolane di Cicerone offrono l'occasione per una serena disamina dei limiti dell'esistenza umana.

PREMESSA – A MO' D'UN LIETO INVITO

Il dilemma proposto dal problema di garantirci contro l'incorrere in errori è un problema ben reale. Abbiamo già sottolineato che la nostra analisi dell'esperienza in tratti caratteristici che si ripetono è solo un'analisi approssimativa, che questi tratti non si ripetono esattamente, e che quell'esperienza attraversa una sola volta la sua sequenza. Ma quale significato possiamo dare alla nostra affermazione che l'esperienza si presenta solo una volta, se l'unico metodo disponibile per attribuire significato alla realtà di quell'esperienza, escludendo il sospetto di un'illusione, richiede la ripetizione, che abbiamo rifiutato? ... La nostra incapacità di rispondere a questa domanda ci dà fastidio solo se siamo ossessionati dall'illusione dell'infallibilità umana e dell'ideale dell'assoluta esattezza. I processi con cui si conseguono risultati quali quelli conseguiti nel trattare i nostri problemi, sono processi d' approssimazione a spirale. Non possiamo mai dire nulla più che questo, che il tale processo è un metodo migliore del tal'altro per ottenere certi scopi. Posso solo affermare che dicendo che l'esperienza si vive una volta sola se ne dà una descrizione migliore che non dicendo che essa risulta da segmenti congelati che si ripetono esattamente uguali. E questo "migliore" è un migliore in rapporto al mio scopo del momento. Non abbiamo strumenti intellettuali universali, solo parti limitate dell'esperienza sono perfettamente a fuoco nello stesso momento. Questa affermazione non è una generalizzazione irragionevole, ma proprio una sintesi di quello che ho sempre trovato con l'analisi (Percy Williams Bridgman, La critica operativa della scienza).

I momenti alti della cultura, nell'Occidente antico e moderno, si sviluppano unitariamente fino a tutto il '700 ed anche se, per lo più, fuori dal contesto italiano, nel corso dell'"800. Questa osservazione preliminare giustifica il lieto invito, tema di questa premessa, ed ovviamente dell'intero lavoro. Infatti potrebbe sembrare strano studiare una teoria della conoscenza che spazia dalla dialettica della natura allo strumentalismo operativo, ed insieme prendere in considerazione questioni di etica e di politica che toccano invece sfere personali e sociali, pubbliche e private. Invece lo strumentalismo operativo istituisce un passaggio dalle

scienze della natura, attraverso la matematica e la logica, alle scienze umane, mentre la dialettica della natura è già, per sua genesi, un complemento culturale alla dialettica della storia (opponendo modi e forme di flessibilità, ignorati sia dal grezzo materialismo che dall'idealismo astratto). In questo contesto, una serena riflessione sui limiti dell'esistenza umana non è certamente fuori luogo, può svolgersi libera da ogni pesante retaggio ideologico ed intende costruire una prassi comportamentale, capace di accogliere positivamente il futuro e quanto esso riserva.



Salvator Rosa, La selva di filosofi (Palazzo Pitti, Firenze)

In Europa, le foreste, come altrove, le montagne, i deserti ed il mare, sono luoghi tipici dell'elaborazione del pensiero, antico, medioevale e moderno, ma non contemporaneo. L'ultima osservazione porta a ricercare i nuovi luoghi, di un mondo contemporaneo fordista (ormai giunto al tramonto e superato, almeno in buona parte), nelle fabbriche e nei grandi magazzini, dove è la realtà del duro lavoro che fa produrre nuovi pensieri (oltre quelli prodotti nelle università che, da tempo, sostituiscono abbazie, monasteri e conventi). Invece i nuovi luoghi del mondo postmoderno, sia esso travolgente o travolto, sono purtroppo non-luoghi, come gli outlet, le stazioni, le autostrade ed anche le piattaforme informatiche, dove l'isolamento e l'atomizzazione causano grandi difficoltà all'elaborazione di nuovi pensieri (per altro, la precarizzazione e la pauperizzazione crescenti delle attuali giovani leve producono problemi vistosi anche nelle università). Pertanto una certa rinascita è possibile solo con una presa di coscienza collettiva ed una decisa inversione della rotta, essendo necessaria non tanta fumisteria, ma una corretta prassi operativa che forse può evitare un lento declino e/o addirittura una grande catastrofe ¹.

Ricordo di non aver mai incontrato un termine riguardante il mistico o il soprannaturale che, in pratica, analizzato non finisse per risolversi in qualcosa il cui significato si trovava solo nelle operazioni con cui lo si inserisce in alcune forme verbali. In particolare nella filosofia e nella religione i nostri verbalismi ci hanno accompagnati con la velocità del lampo. L'intera struttura di entrambe è così permeata di questo cancro intellettuale che il mio istinto è quello di spazzar via tutta la tradizione religiosa e filosofica per ricominciare zero. ... (Infatti) gran parte del significato sia del passato sia del futuro è chiaramente verbale. Tra parentesi è interessante notare che l'inerzia verbale gioca un ruolo anche in altre situazioni. I filosofi parlano di un principio di "ragion sufficiente". Penso che l'esame dimostrerebbe che in molti casi questo principio è quasi interamente verbale. Si tratta di poco più del principio pratico che è da stolti cambiare le proprie forme verbali fin tanto che le vecchie vanno bene (Percy Williams Bridgman, op. cit.).

¹ Allora è ben auspicabile che anche la morte possa essere serena, così da evitare, sia il travaglio di una lunga decadenza che la tragedia di una fine traumatica, permettendo invece, a chiunque, di sapersi congedare comunque con buona grazia.

Lo strumentalismo ²

Lo strumentalismo di Bridgman ³ lega l'esperienza alle sole esperienze, rifiutando ogni a priori e mettendo in dubbio anche la necessità di una formulazione analitica dei problemi, presi in esame per la conoscenza della natura. Pertanto evitando di usare concetti vuoti che non hanno alcun esempio nella realtà, occorre definire i concetti come sinonimi dei corrispondenti gruppi di operazioni. Allora i vari concetti non richiedono proprietà, ma operazioni (con le loro accuratezze, precisioni ed affidabilità relative) e quello che è ancora incognito è solo un'estrapolazione convenzionale, essendo senza significato la futurologia (come la metafisica classica). Ad esempio, non hanno significato il tempo, lo spazio ed il moto assoluti, ma solo le misure relative di durata, lunghezza/area/volume e velocità. Si noti poi che, in ambito relativistico, il concetto di simultaneità diventa operativa, dipendendo dalla velocità degli eventi osservati e dell'osservatore. A sua volta, la misura di lunghezza ⁴, eseguita con un regolo (con tutte le usuali correzioni), in piccolo ⁵, sempre in ambito relativistico, richiede la simultaneità delle osservazioni, ancora una volta, collegata alla velocità degli eventi osservati e dell'osservatore, ecc.

Invece la misura di aree e volumi dipende strettamente dalla natura non euclidea dello spazio geodetico, astronomico od altro, nonché dallo spazio ottico (per le misure geodetiche o le osservazioni astrometriche). Infine misurando distanze infinitesimali (cioè atomiche e subatomiche), occorre tener presente i fenomeni d'interferenza, legati alle dimensioni finite della lunghezza d'onda della luce e, in generale, delle onde elettromagnetiche, nonché la natura stocastica di molti fenomeni a quella scala. In questo caso, come nel caso di distanza inter-galattiche, poiché equazioni di campo sono necessarie a definire almeno alcuni parametri di calibrazione delle distanze, è evidente il passaggio dal concetto di misura diretta a quello di misure indirette. Comunque tutte le misure dirette sono sempre approssimate ⁶, in quanto modellano oggetti non ben definiti e hanno un'accuratezza ed una precisione, stabilite entro certi limiti. Sotto questo aspetto, è imprecisa la geometria, oltre la fisica, perché dovrebbe modellare oggetti ⁷ e stabilire le qualità topologiche e metriche degli spazi che li ospitano, ed è approssimata anche l'aritmetica, perché deve contare gli oggetti, ma non sa bene se, quando e come essi cambiano ⁸.

Costruire una spiegazione è essenzialmente scomporre un fenomeno complesso in alcuni suoi elementi più semplici, cioè più familiari (ad esempio, come collegando la teoria cinetica dei gas alla meccanica statistica), individuando tutte le correlazioni ⁹ tra essi. Dopodiché di fronte, a nuovi elementi non familiari è possibile approfondire le ricerche, fino a trovarsi di fronte ad una nuova spiegazione che via, via diventa familiare ¹⁰,

² Questo paragrafo è liberamente ripreso e riassunto da: La logica della fisica moderna, di Percy Williams Bridgman (Bollati Boringhieri, Torino, 2001).

³ Percy Williams Bridgman è un fisico, premio nobel e firmatario del manifesto di Einstein-Russell, per il disarmo nucleare e la pace, che vede tra i suoi undici firmatari anche Jean Frédéric Joliot-Curie, marito di Irène Joliot-Curie, figlia di Pierre Curie e Maria Skłodowska-Curie.

⁴ La misura di lunghezza non è mai una misura in uno spazio vuoto, per l'ovvia necessità di materializzare alcuni punti di riferimento e quantomeno i due punti estremi.

⁵ In grande invece, la misura di lunghezza è eseguita con onde elettromagnetiche (luminose, ma non solo), con altre altrettanto usuali correzioni.

⁶ Di conseguenza, anche le misure indirette sono tutte approssimate, per la sola legge di propagazione degli errori (e delle loro varie correlazioni), prescindendo dalla comunque esistente incertezza di modello.

⁷ In generale, tutta la matematica è approssimata, per la maggiore varietà e complessità della realtà. Un esempio è dato dalla non infinita suddivisione, dovuta all'essere discreto della realtà particellare, ed un altro esempio è dato dalla non linearità in grande, dovuta alla curvatura (e forse anche alla multi connessione) degli spazi extragalattici.

⁸ Ad esempio, i passaggi di stato, gli adsorbimenti, gli assorbimenti, le inclusioni, l'espulsioni, ecc. cambiano la composizione degli oggetti.

⁹ A rigore, si dovrebbe dire connessioni, perché non tutti i fenomeni sono certamente lineari e normali, ma questa nozione (nata nell'ambito delle scienze sociali ed economiche) è di piuttosto recente acquisizione, nell'ambito delle scienze naturali e delle tecnologie collegate.

¹⁰ Un primo esempio è il concetto di azione a distanza che, rifiutato in termini di meccanica, ha portato al concetto di campo che è poi passato, con le dovute differenze, dall'elettromagnetismo alla gravitazione.

oppure cercare di forzare il nuovo sconosciuto nel vecchio già familiare. La prima alternativa è pienamente corretta (ad esempio, con le teorie della relatività ristretta e generale che interpretano e/o comprendono la meccanica classica come un caso particolare), mentre la seconda no, anche se talvolta praticata con un certa disinvoltura (ad esempio, come il tentativo di ricondurre l'elettromagnetismo alla meccanica, oppure il tentativo di spiegare la struttura dell'atomo per mezzo di un modello gravitazionale). Un altro strumento in uso nella modellazione dei fenomeni è fornito da costrutti teorici, non necessariamente aventi una precisa corrispondenza nella realtà fisica ¹¹, come la teoria dell'elasticità, la definizione del campo elettromagnetico ed il modello atomico.

Un'interessante approfondimento analizza la definizione di tempo ¹², legandola strettamente alla sua misura e distinguendo il tempo locale ¹³, di due eventi prossimi, dal tempo esteso, di due eventi lontani tra loro, a sua volta, collegato alla misura dello spazio, loro circostante e compreso ¹⁴. Proprio qui sorgono questioni importanti, inevitabilmente insite alle procedure di misurazione, che ne determinano evidenti limitazioni e richiedono comunque di procedere iterativamente. Infatti la velocità della luce deve essere misurata con orologi che prescindano da essa, ma tanto i regoli, quanto i volami sono oggetti meccanici ¹⁵, soggetti a variazioni di lunghezza e massa, in accordo con la teoria della relatività ristretta ¹⁶. Inoltre mentre per determinare la regolazione di due orologi lontani è sufficiente inviare impulsi cadenzati, secondo una temporizzazione nota (da uno dei due orologi), ed imporre così la stessa cadenza nell'altro orologio, per determinare la loro sincronizzazione è invece necessario conoscere la distanza tra i due orologi (in modo tale che, dividendo la differenza misurata, tra il tempo di emissione ed il tempo di ricevimento di un certo segnale, per la distanza stessa, si ottenga la velocità della luce).

Un secondo approfondimento importante analizza il concetto di causalità, liberandolo innanzitutto da ogni residuo di concezioni animistiche. Dopodiché la critica principale al concetto di causalità, ovvero al poter dire che due eventi sono rispettivamente una causa ed un effetto, sta nel poter isolare il sistema, prescindendo da concause, da contingenze e da disturbi. Inevitabilmente queste considerazioni portano a misure di tempo e di spazio, per effettuare tutti i controlli dovuti (ancora una volta, aprendo questioni, già precedentemente analizzate, ed imponendo di procedere sempre per approssimazioni successive). Parallela alla causalità, ma non solo è l'identità, ovvero il permanere uguale a se stesso di un dato fenomeno che richiede il suo essere discreto e ben delimitato, nel tempo e nello spazio. Infatti è impossibile identificare qualcosa di continuo (anche solido), né tantomeno qualcosa che non ha barriere (come un fluido, liquido o gassoso), e comunque l'identità è maggiore, se riferibile a diversi punti di vista (il che conduce agli osservatori ed alla teoria della relatività ristretta ¹⁷). Inoltre l'identità diventa comunque difficile da definire per oggetti infinitamente piccoli ed in spazi infinitamente grandi.

¹¹ Un primo controllo sulla validità o meno di un costrutto teorico è fornita dall'analisi dimensionale, così da trovare conferma ad una corrispondenza, nel numero dei parametri e nella tipologia, tra una certa realtà ed il suo modello prescelto.

¹² Il tempo è irreversibile, sia in fisica che in metrologia, e la supposta inversione del tempo è solo un curioso esercizio di meccanica razionale (valido per tutti i campi conservativi).

¹³ Bridgman si domanda anche, senza tuttavia fornire una risposta, se il campo gravitazionale possa influire, in modo significativo, sul funzionamento di orologi meccanici di precisione, condizionando così anche la misura del tempo locale.

¹⁴ Nel caso poi di spazi siderali, non ha più senso parlare di un unico tempo esteso e di simultaneità, in quanto è noto solo quello che si può osservare, tenuto conto del tempo di percorrenza della luce (o di altre emissioni dello spettro elettromagnetico). A sua volta, la conoscenza delle distanze siderali è abbastanza incerta, perché dipendente dalla parallasse terrestre (ovvero dalla dimensione del asse maggiore dell'eclittica terrestre, attorno al sole, abbastanza piccola, rispetto alle varie distanze siderali).

¹⁵ Data la sua epoca, Bridgman parla solo ipoteticamente di orologi atomici (e coloro che scrivono non sono competenti a riguardo), ma è difficile ritenere che limitazioni simili non possano occorrere, anche se in forma forse più sottile e nascosta.

¹⁶ Il tutto si complica, prendendo in considerazione la teoria della relatività generale, necessaria per tener conto della curvatura dei raggi luminosi e della deviazione verso l'infrarosso della luce, in presenza di masse (notevoli).

¹⁷ Infine, la singola identità può essere sostituita, entro certi limiti, da un'identità di classe o di campo (anche se questa ultima considerazione si spinge oltre quanto affermato da Bridgman).

Un ulteriore approfondimento riguarda alcune grandezze fisiche, come la velocità, la forza, la massa, l'energia e la temperatura. Infatti la velocità è usualmente definita come rapporto tra un spazio percorso ed il tempo (esteso) impiegato, mentre è forse un concetto primario, vero e proprio, esprime la rapidità di un movimento e derivante da una percezione diretta. Allora dovrebbe essere possibile costruire qualcosa, come un sistema di disturbi che corrono su un filo teso, cosicché si possa comparare i movimenti, determinando chi va più lentamente e chi va più celermente (agendo opportunamente, dovrebbe essere possibile costruire anche multipli e sottomultipli dell'unità di disturbo, così da poter misurare i movimenti e non solo compararli). Questo modo di procedere costruisce rapidità identiche alle velocità (intese come rapporto tra spazio e tempo), se le velocità sono contenute, ma non in caso contrario. Pertanto se la velocità in esame è quella della luce (o prossima ad essa), le due misure divergono totalmente, essendo finito il noto numero per la velocità classica ed invece infinito per la rapidità del disturbo (anche se è impossibile costruire un tale marchingegno, per misurare velocità così elevate).

Per quanto riguarda invece la forza, essa è intuita da semplici osservazioni naturalistiche, ma può essere studiata in relazione alla massa (un secondo concetto) ed alle accelerazioni (cioè a variazioni di velocità ¹⁸), sia in un sistema totalmente isolato che tenendo conto del campo gravitazionale terrestre. Da un punto di vista metrologico, a basse velocità, una misura di massa implica misure di forza e viceversa una misura di forza implica misure di massa, imponendo così di operare iterativamente. Invece sempre da un punto di vista metrologico, ad alte velocità, i concetti di forza e massa perdono di significato e tendono a confondersi tra loro. Inoltre a scala particellare le questioni legate alla massa si combinano con quelle legate al campo elettromagnetico. Inoltre circa l'energia, potenziale e cinetica, se solo meccanica ¹⁹, e legata all'equivalente lavoro-calore, dal primo principio della termodinamica, in generale ²⁰, essa assume maggiore importanza a causa della relazione che la lega alla massa, come scoperto da Albert Einstein per l'effetto fotoelettrico. Del resto, all'epoca recenti scoperte sperimentali ²¹ confermano la conservazione dell'energia ²² anche per fenomeni quantistici, costituiti da radiazioni.

Infine circa la temperatura, essa è intuita già da semplici osservazioni fisiologiche, può essere studiata in relazione agli stati d'equilibrio. A riguardo, innanzitutto la misura di temperatura richiede che il termometro sia in quiete, rispetto al corpo da misurare (od ad una delle sue parti, se queste sono in movimento tra loro), ottenendo così una certa arbitrarietà nella misura della temperatura, dovuta alle modalità di frazionamento. Dopodiché la determinazione di una temperatura deve seguire alla correzione della misura, ottenuta con il termometro, per effetto delle costanti fisiche di emissione, assorbimento, riflessione, diffusione, fluorescenza, conduttività termica e convezione (da cui un processo di approssimazione asintotica, essendo queste stesse costanti influenzate dalla temperatura). Ancora più complessa è la misura diretta della quantità di calore ²³, altrimenti definita come l'energia rimasta, avendo sottratto tutte le altre forme d'energia. Infatti le uniche misure termodinamiche possibili sono la temperatura e la velocità della sua variazione, cosicché la quantità di calore (oppure il flusso di calore) può essere definito solo come cambiamento di temperatura di un corpo. Osservazioni analoghe possono poi essere fatte per l'entropia.

¹⁸ Se l'oggetto su cui si applica una forza è fermo, basta comparare questa forza con quella di una molla di una bilancia, così costruita.

¹⁹ La conservazione dell'energia è una legge della meccanica, come la conservazione della quantità di moto e la conservazione del momento della quantità di moto.

²⁰ L'estensione del concetto di energia è valida anche per i campi elettromagnetici, pur essendo differenti le possibilità di misura.

²¹ Detti esperimenti sono dovuti ad Arthur Holly Compton.

²² Jules Henri Poincaré, ritenendo imprescindibile la conservazione dell'energia, assume che un'eventuale imparità sia dovuta solo alla mancata conoscenza di una sua diversa componente.

²³ Bridgman muove una critica serrata all'approssimazione, insita nell'esperimento del calorimetro di James Prescott Joule, da cui si può ricavare il primo principio della termodinamica.

Altre grandezze fisiche riguardano concetti elettrici (e per analogia con le altre onde elettromagnetiche²⁴ la luce), a partire dalla definizione di carica unitaria per la quale è proposto l'equivalente meccanico (misurato con bilancia a molla), nonché dei suoi multipli e sottomultipli. Inoltre poiché una carica elettrica in movimento induce un campo magnetico (così come un magnete in movimento genera un campo elettrico), sono richieste misure meccaniche e geometriche di velocità, spazio e tempo. Infine benché dette onde (e la luce) siano particelle in movimento, non sono rilevabili (non è visibile), in alcun punto intermedio, tra l'emissione e la ricezione, se non inserendo un sensore ad hoc (od uno schermo), cioè le onde si rilevano se agiscono su qualcosa (e la luce si vede solo grazie agli oggetti illuminati²⁵). In questo contesto, questioni cosmologiche ed anticipazioni quantistiche sono presentate quali esempi di filosofia della scienza, evidenziando complesse problematiche aperte. Infatti la fisica può essere espressa matematicamente (per lo più, dimostrando l'invarianza di certe relazioni), ma abbisogna soprattutto di modelli fisici adeguati (ad esempio, un evento interessante non è, sempre o solo, un punto di discontinuità, all'interno di un campo).

Da ultimo, tre concezioni scientifiche conclusive implicano la semplicità, il determinismo e la completezza. Tuttavia la semplicità delle leggi, come la gravitazione universale, la conservazione dell'energia ed il campo elettromagnetico, risponde innanzitutto ad esigenze estetiche (ad esempio, l'eleganza di certe espressioni della fisica matematica). Per contro, il numero di oggetti, con l'estrema varietà dei fenomeni osservati, dalle stelle di una galassia agli atomi di un oggetto, è pressoché sterminato. Inoltre quasi tutti i concetti impiegati hanno un loro focus, più o meno definito, ma sono sfumati ai bordi, dove forniscono informazioni piuttosto incerte. Una prova è offerta dalla mancanza/impossibilità di studi e ricerche su un campo gravitazionale, a scala particellare, e su un campo elettromagnetico, a scala intergalattica. Anche gli approcci statistici sono un'altra prova della complessità e richiedono comunque la prosecuzione di studi approfonditi. Infine in generale, anche il determinismo, nell'evoluzione della natura, benché favorito dalle conferme di molti modelli evolutivi, non è sempre ben suffragato, esistendo scale, dove non è facile provare che il futuro²⁶ sia completamente determinato dal passato e dal presente²⁷.

Infatti problemi di instabilità, biforcazione, retroazione, ecc. possono alterare le previsioni, di molto, in quanto necessitanti di una conoscenza dettagliatissima del sistema, come ben noto, sperimentalmente impossibile. Di conseguenza, occorre accettare una specie di penombra che offusca certe sicurezze deterministiche. Queste considerazioni mettono in dubbio anche la completezza, della conoscenza della natura, ovvero secondo le ipotesi della linearità (ed anche della normalità della distribuzione dei dati, in caso di approcci statistici), che l'intero sia uguale alla somma delle sue parti e, se queste sono poche e note, il risultato è garantito. Tuttavia poiché non sempre tutta la realtà è lineare, né normale (in caso d'adozione di approcci statistici, come già detto in precedenza), viene a cadere anche l'ipotesi di completezza, della conoscenza in natura. Del resto, al mutare della scala dei problemi affrontati, mutano anche i concetti²⁸. Ad esempio, la temperatura non ha significato alla scala particellare, essendo invece necessario prendere in considerazione la frequenza delle radiazioni, ed il concetto di forza è sostituito dal concetto di momento, a velocità molto grandi, cioè a velocità prossime a quelle della luce.

²⁴ A scala particellare, le grandezze maxwelliane sono sostituite dai principi quantistici.

²⁵ Bridgman ritorna alla differenza tra velocità e rapidità, con considerazioni difficili sulle teorie della relatività ristretta e generale. A riguardo, coloro che scrivono si dichiarano incompetenti e rinviando, i loro lettori, alla lettera diretta del testo di Bridgman.

²⁶ Oltre al futuro, questa osservazione vale anche per il passato remoto, essendo questo ugualmente un'estrapolazione convenzionale.

²⁷ Si noti, a riguardo, che la definizione di presente (come pure di un certo passato e di un certo futuro) richiede di definire la simultaneità di eventi anche lontani.

²⁸ Non a caso, James Clerk Maxwell inventa diavoletti lillipuziani, per poter misurare dove è impossibile farlo (ovvero quanto rigore è veramente possibile in fisica?).

Una critica operativa²⁹

Il testo in esame è ponderoso e, anche per questa ragione, si è scelto di indicarne solo alcuni punti salienti.

- ❑ Le analisi operazionali si svolgono solitamente sotto condizioni restrittive che ne limitano la portata, ma ne precisano i termini, riducendo i margini d'ambiguità³⁰ (a riguardo, mentre in matematica “tutti” ha un significato illimitato ed astratto, metrologicamente “tutti” è collegato a situazioni contingenti e concrete).
- ❑ In metrologia, la parola “significato” è intesa come una definizione operativa e strumentale, collegata ad un uso possibile (talvolta anche al senso comune), mentre il significato di alcuni oggetti, in matematica, è definito, in mancanza di strumenti operativi concreti, in termini delle loro proprietà formali³¹.
- ❑ Le operazioni non definite direttamente devono essere escluse dai fondamenti di una disciplina, anche se possono risultare utilissime, per ampliarne i contenuti (un esempio è offerto dai numeri complessi e, prima ancora, dai numeri immaginari, quali radici quadrate di numeri negativi).
- ❑ La definizione di una grandezza dovrebbe essere univoca, anche se poi altri metodi sono possibili per acquisire gli stessi valori (a meno di eventuali errori di misura o di modello); infatti a rigore, due o più metodi di misura dovrebbero portare a differenti definizioni.
- ❑ Le definizioni teologiche³² sono estranee al mondo della scienza, perché incompatibili con l'esperienza che, se anche le riproducesse, otterrebbe sempre qualcosa di teoricamente diverso.
- ❑ Tutte le operazioni di misura sono sempre affette da vari tipi d'errore (accidentali o grossolani, come pure sistematici o pseudo sistematici) che ne limitano accuratezza e precisione.
- ❑ Le operazioni di interpolazione, estrapolazione e predizione devono sempre essere condotte solo entro i limiti di validità di una ragionevole significatività delle operazioni stesse.
- ❑ Le operazioni sulle grandezze fisiche non sono spesso le operazioni sulle quantità numeriche, benché conservino, per lunga tradizione, gli stessi nomi³³.
- ❑ Gli infiniti e gli infinitesimi sono grandezze matematiche, ma non grandezze fisiche; infatti la metrologia permette di misurare solo grandezze finite (e con un numero relativamente piccolo di cifre significative).
- ❑ Tempo, spazio e moto assoluti sono concetti fisicamente inesistenti; in particolare, per il tempo lo stesso concetto di simultaneità di eventi lontani dipende dal moto degli stessi e dell'osservatore³⁴.
- ❑ Lo spazio vuoto ed amorfo non è identificabile, né misurabile, necessitando di oggetti, per definire lo spazio (in particolare poi, la definizione di punto attiene alla grana del rilevamento³⁵).
- ❑ Il tempo vuoto ed indistinto non è valutabile, né misurabile, necessitando di eventi, per definire il tempo (in particolare poi, la definizione di istante attiene alla grana della misurazione del tempo³⁶).

²⁹ Il titolo è volutamente ricopiato da un'opera di Percy Williams Bridgman, di cui si dà menzione nel seguito: La critica operativa della scienza (raccolta di scritti a cura di Bruno Cernignani, Boringhieri, Torino, 1969).

³⁰ Operativamente tutti gli insiemi hanno solo un numero finito di elementi e, per essi, non si danno paradossi di sorta (ad esempio, l'insieme di tutti gli insiemi che non contengono se stesso presenta una situazione indecidibile).

³¹ Ad esempio, molte funzioni inverse sono definite solo in termini di proprietà formali, mancando di appropriati algoritmi da calcolo. Inoltre anche i concetti logici tradizionali si scontrano con le procedure operative, quando si pretenda che abbiano validità universali, mentre dovrebbero essere collegati alle modalità d'uso (ed al senso comune, ove possibile).

³² Alla luce di certo pensiero moderno e postmoderno, benché non espressamente detto da Bridgman, coloro che scrivono aggiungerebbero, sullo stesso piano critico, anche le definizioni ideologiche.

³³ Talvolta alcune operazioni su grandezze fisiche sono addirittura prive di significato. Ad esempio, le velocità non si sommano, tranne approssimativamente per velocità molto piccole.

³⁴ A riguardo, tutti gli eventi sono misurabili tramite le quattro coordinate dello spazio tempo, essendo impossibile scindere lo spazio dal tempo, nella loro determinazione. Inoltre in base alle teorie einsteiniane della relatività ristretta e generale, lo spazio-tempo a quattro dimensioni non è uno spazio cartesiano ortogonale 4D.

³⁵ La grana del rilevamento è inferiormente limitata dalla natura delle particelle più elementari (al cui interno non ha senso parlare di spazio, né di tempo).

³⁶ La grana della misurazione del tempo è inferiormente limitata dalla natura dei processi di decadimento di alcune particelle elementari.

- ❑ Il concetto di causalità è poco significativo innanzitutto in quanto l'incertezza, nella regolarità, determina l'impossibilità di predizione, ma poi anche in quanto la fisica dei quanti stabilisce solo in probabilità la fissazione di certe grandezze ³⁷.
- ❑ In generale, qualsiasi analisi si arresta di fronte ai limiti della conoscenza, presente e possibile (frutto dell'esperienza e della convenienza), essendo comunque disponibili ad allargare ed approfondire l'analisi, ove se ne ravvisi l'opportunità e la possibilità ³⁸.
- ❑ Operativamente ha poca importanza distinguere tra le operazioni fisiche e le operazioni mentali (anche se non è facilissimo distinguere, tra queste ultime, le operazioni buone da quelle cattive), perché sono spesso inseparabili l'una dall'altra e, al più, sono necessarie operazioni mirate di bilanciamento.
- ❑ In generale, le scienze sociali presentano realtà più complesse delle scienze fisiche; tuttavia un primo approccio può essere quello riduzionista che, scomponendo una realtà nelle sue parti costituenti, può permetterne l'analisi, grazie all'adozione di modelli derivati dal mondo delle scienze fisiche.

La parola ha ovviamente una certa stabilità, e questa stabilità ha riscontro in una proprietà dell'oggetto corrispondente. Se l'oggetto non fosse stabile almeno in certi suoi aspetti, non sceglieremmo un simbolo stabile per rappresentarlo. Cioè l'uso di sostantivi implica che si isolino certi elementi stabili dell'esperienza. Ma l'esperienza è veramente analizzabile in elementi stabili? ... L'esperienza non ci si presenta raccolta in pacchetti di elementi perfettamente definiti, con identità costante, bensì questi ordinati raggruppamenti sono una invenzione nostra di estrema utilità. In effetti sono così utili che attualmente non vediamo come potremmo farne a meno, ma tuttavia sono chiaramente un'invenzione che non riproduce esattamente ciò che ci capita. Sono quello che il fisico o il matematico potrebbero chiamare una prima approssimazione (Percy Williams Bridgman, *La critica operativa della scienza*).

Un'azione fondamentale del pensiero sembra consistere nel riconoscere situazioni identiche nell'esperienza presente e nel ricordo presente della nostra esperienza passata ³⁹; cioè noi analizziamo l'esperienza in situazioni ricorrenti. Ma le situazioni dell'esperienza non hanno precisa definizione più di quanto non ne abbiamo gli oggetti dell'esperienza; ogni episodio ha ai suoi margini un alone nebuloso che lo divide in maniera approssimativa dagli episodi circostanti, di modo che non possiamo dire dove comincia l'uno e dove finisce l'altro. Le situazioni non si ripetono con esattezza; l'esperienza si vive una sola volta, e la matrice in cui è immersa ogni situazione, e che costituisce una parte inseparabile della situazione stessa, cambia continuamente e non si ripresenta mai. Quindi, l'espedito fondamentale di analizzare l'esperienza in frammenti o segmenti riconoscibili e che si ripresentano è un'evidente approssimazione (Bridgman, op. cit.).

L'uso delle parole è perciò intrecciato con ogni sorta di inesprese precisazioni riguardo la destinazione più appropriata della parola. Il metodo di inferire il significato delle parole osservando l'uso che l'altra persona ne fa, è infruttuoso quando giunge a sottili sfumature di significato, e induce spesso in errore. La difficoltà è aumentata dal fatto che nel linguaggio le parole sono parte di un flusso di attività. Il significato di una parola è in una certa misura influenzato dal contesto globale in cui si trova inserita, e poiché questo contesto non si ripresenta non si ripresenta mai esattamente uguale, il significato della parola non è mai esattamente lo stesso. La nostra analisi delle parole come riproducti aspetti stabili dell'esperienza rileva un'approssimazione non solo riguardo alla costanza delle caratteristiche dell'esperienza, ma anche riguardo alla costanza del rapporto delle parole con tali aspetti dell'esperienza (Bridgman, op. cit.).

Il significato del tutto non è mai non è mai esattamente la somma dei significati delle parti. Il contesto in cui sono immerse le parole non è affatto un contesto necessariamente verbale, ma può essere l'esperienza immediatamente comune alle due persone che stanno parlando insieme. Le parole acquistano implicazioni che sarebbe molto difficile analizzare, alle quali però le persone con una comune esperienza possono rispondere. ... Queste complicazioni rendono aleatoria la sicurezza di aver acquistato – osservando un numero finito di esempi (esempi che non sono mai esattamente gli stessi) dell'uso che essa fa delle parole –

³⁷ Il principio di indeterminazione stabilisce che non è possibile determinare insieme, con precisione, la posizione di una particella e la sua quantità di moto.

³⁸ L'intersoggettività gioca spesso a favore di queste/i estensioni ed approfondimenti.

³⁹ Si ricordi che l'insegnamento primario invita a distinguere i verbi dai nomi, distinguendo proprio le azioni e gli oggetti (ivi compresi le persone, gli animali, le piante, ecc.).

tutte le sfumature di significato riconosciute implicitamente dall'altra persona. ...Ciò sufficiente a dimostrare la complessità della maggior parte delle nostre idee apparentemente semplici. ... La difficoltà è massima nel caso di differenze di lingua ... e di civiltà (Bridgman, op. cit.).

- ❑ La logica (compresa quella più semplice e formale del sillogismo) non può prescindere dall'esperienza che permette di acquisire le informazioni utili, per formulare le premesse maggiore e minore, cosicché anche la conclusione non aggiunge alcunché che non sia già implicitamente contenuto in esse ⁴⁰.
- ❑ Un uso corretto della logica evita di affrontare pseudo problemi e non si esprime con espressioni prive di significato (che Bridgman chiama letteralmente: *campate in aria*), ammettendo l'esistenza di domande senza risposte possibili ⁴¹.
- ❑ Un principio generale non è infatti un'affermazione, a priori, ma piuttosto un programma d'azione i cui risultati sono sempre da verificare, a posteriori, in modo da potersi districare tra più ipotesi alternative, in toto od in parte opposte tra loro.
- ❑ Collegata alle esperienze, passate e presenti, è poi non solo la comunicazione verbale, ma anche quella non verbale (ad esempio, quella dei vari movimenti, finalizzati a qualcosa, come camminare, prendere, guardare, ecc.).
- ❑ Scopo di una comunicazione è concordare pensieri ed azioni, intendendosi sui significati messi in gioco che possono spaziare da quelli ben definiti ⁴² a quelli vaghi e confusi, anche se l'esperienza quotidiana conferma una prevalenza dei primi sui secondi (estesa anche ad alcuni animali).
- ❑ Un opportuno bilanciamento tra razionalità ed emotività ⁴³ è la condizione necessaria per il successo di ogni tipo di comunicazione che parte dall'imitazione, soprattutto nelle prime età ⁴⁴, per poi svilupparsi con l'intuito e la ragione, oltre che con le emozioni e le passioni, da sempre.
- ❑ Il tempo passato è quello delle memorie ed il tempo futuro quello delle aspettative ⁴⁵ (che tuttavia spesso si dimostrano false), mentre il tempo presente è solo un punto di passaggio (come lo zero che separa i numeri negativi dai numeri positivi).
- ❑ L'uso di uno stesso nome per il tempo passato e quello futuro è dettato soprattutto da ragioni emozionali che collegano memorie ad aspettative, prevedendo possibilità future sulla base di oggettività passate, per lo più, senza controllo delle corrispondenze (o meno), già verificatesi in precedenza.
- ❑ Il concetto di probabilità sostiene le scelte per districarsi tra le ipotesi possibili, oscillando tra un alto grado d'approssimazione (cioè d'un'esattezza quasi matematica) ed il puro caso (che mette in gioco il dubbio e l'azzardo) ⁴⁶.

⁴⁰ Da queste considerazioni, si ricava l'evidenza sperimentale anche della conclusione, considerata necessaria, altrimenti è pure un sillogismo: venti è un numero, i monsoni sono venti, dunque i monsoni sono un numero (Bridgman, op. cit.).

⁴¹ Un esempio illustre sono le antinomie kantiane e le questioni sugli assoluti che i positivisti logici escludono radicalmente dai possibili interessi scientifici.

⁴² La maggiore o minore chiarezza di un significato è ben collegato alla sua modalità di essere operativa, cioè con la sua capacità di collegarsi con tutta l'esperienza, derivata da un succedersi di attività.

⁴³ Per evitare fraintendimenti e confusioni, è sempre raccomandabile rifarsi all'esperienza, all'intersoggettività ed all'essenzialità, pur sapendo bene che non può esistere una comunicazione priva d'errori.

⁴⁴ Negli adulti, l'imitazione sopravvive nell'analogia che, nel mondo primitivo, costituisce la base culturale dell'animismo e, nel mondo moderno, può portare alla superstizione, ogni qual volta il ragionamento analogico è acriticamente contrapposto a quello scientifico.

⁴⁵ L'uso di uno stesso nome per il tempo passato e quello futuro è dettato soprattutto da ragioni emozionali che collegano le memorie alle aspettative, prevedendo le possibilità future sulla base delle oggettività passate, per lo più, senza alcun controllo delle corrispondenze o meno, già verificatesi in precedenza.

⁴⁶ Bridgman cita, a riguardo, le violente polemiche, in corso tra gli studiosi di logica, per quanto riguarda il concetto di probabilità. Infatti considerata superata la probabilità geometrica, scegliere una probabilità frequentista od una probabilità soggettiva significa muoversi tra il limite dell'esattezza matematica ed il dubbio dell'azzardo (mentre la definizione di probabilità assiomatica è puramente formale).

- La misura del tempo presente, sia come durata temporale che come estensione spaziale, è largamente soggettiva ed eventualmente intersoggettiva, dipendendo sempre insieme da fatti ed eventi, e dagli atteggiamenti, razionali e soprattutto emozionali di chi li percepisce.
- Lo sbilanciamento tra razionalità ed emotività presiede anche alla formazione dei concetti adottati che, costruiti in termini di risultati attesi e delle loro proprietà, solo raramente sono soggetti alle opportune verifiche sperimentali, sull'effettiva praticabilità delle strade intraprese.
- La formazione operativa di nuovi concetti si collega, quasi sempre, al loro insegnamento che può invece avvenire solo in base ai risultati attesi ed alle loro proprietà, ancora una volta, determinando una circolarità che invita a maggiori controlli, contro fiducie incondizionate.

E' ovvio che c'è una lunga e complessa esperienza alla base della convinzione che certe specie di operazioni non sono buone mentre altre sono probabilmente sicure, e che il repertorio delle operazioni permesse è diverso a seconda dell'esperienza dell'individuo. I filosofi greci avevano un'altissima considerazione per delle operazioni che oggi sono cadute in disgrazia. Ritengo che l'atteggiamento intellettuale del tempo presente differisca grandemente da quello del tempo dei Greci per la sua posizione nei riguardi dell'esperimento e dell'esperienza. Secoli di tentativi volti a scoprire nella nostra testa lo schema necessario del mondo esterno hanno registrato un terribile fallimento: abbiamo solo la sensazione che possiamo accettare solo l'esperienza come essa si presenta, cercando di conformare la nostra forma di pensiero ad essa ⁴⁷ (Bridgman, op. cit.).

Dato che l'esperienza non segue alcuno schema predeterminabile, una fase indispensabile nel tentativo di ridurre l'esperienza alla comprensibilità consiste nello scoprire il modo di descrivere o di riprodurre tale esperienza tanto più accuratamente possibile. Non bisogna trascurare alcun dettaglio come banale, fino a che non sia stata fornita la prova che lo è, e l'unica dimostrazione accettabile di tale banalità è il ricorso all'esperienza. ... Vi sono certi tipi di operazioni che ci appaiono semplici, nel senso che quando siamo invitati a compiere tali operazioni possiamo accingerci all'impresa senza che vi siano dubbi, mentre vi sono altre operazioni che magari sono dotate di espressioni verbali altrettanto semplici ma che, ciò nonostante, quando giunge il momento di eseguirle in pratica, mostrano di contenere delle imprecisioni e delle ambiguità ⁴⁸ (Bridgman, op. cit.).

Non ci troviamo qui in presenza di alcuna teoria esoterica della natura ultima dei concetti, né di una difesa filosofica del primato dell'operazione. Si tratta semplicemente di una questione pragmatica: noi abbiamo osservato, dopo molte esperienze, che se vogliamo fare certi tipi di cose con i nostri concetti, è meglio che i nostri concetti siano costruiti in certi modi. In effetti si può vedere che la situazione qui non è affatto differente da quella che troviamo ogni volta che spingiamo al limite la nostra analisi; le operazioni non sono in ultima analisi nette o irriducibili più di una qualsiasi altra specie di creatura. A un certo punto finiamo sempre per arrivare a qualche cosa di confuso, ... Se vogliamo, possiamo analizzare le operazioni che la nostra esperienza fisica ci permette di accettare, per certi fini, come non ulteriormente analizzabili. Scopriamo che nessuna operazione è fondamentalmente semplice ⁴⁹ (Bridgman, op. cit.).

⁴⁷ Che non sia prudente dimenticare procedimenti sensibilmente diversi è oggi giorno convinzione diffusa in fisica; è il risultato di una vasta esperienza, e perciò non lo ritrova là dove, come nei Greci, l'esperienza debba conformarsi a uno schema depositato nella nostra testa. L'idea più sensata è dunque, al riguardo, che ai fini dell'analisi e della comprensione è meglio impiegare da principio dei concetti individuati di proposito in modo tale da evidenziare quelle differenze di procedimento che sia dato di rilevare. Naturalmente si può, in seguito, anche in vista dei particolari obiettivi di una data teoria, trovare opportuno riunire sotto un unico nome i risultati di operazioni differenziabili, ma non è mai prudente dimenticare completamente ciò che si è fatto (Bridgman, op. cit.).

⁴⁸ L'osservazione rivela che delle ambiguità si annidano in ogni operazione definita in termini delle sue proprietà, a causa degli errori sperimentali intrinseci con i quali tali proprietà possono venir determinate. Sembra abbastanza evidente che noi dovremmo sforzarci di ridurre le nostre descrizioni dell'esperienza ai tipi di operazioni privi di ambiguità, e che i termini o concetti in cui inquadrano le nostre descrizioni dovrebbero venire specificati da tali operazioni. Diversamente non siamo in grado di riprodurre in modo univoco la situazione originale, e il nostro tentativo di descrizione fallisce. Da qui nasce l'esigenza che i concetti o i termini usati nella descrizione dell'esperienza vengano strutturati in termini di operazioni che possono essere eseguite in modo non equivoco ... (così da poterne) controllare l'andatura e la regolazione mediante un qualche procedimento raffinato (Bridgman, op. cit.).

⁴⁹ Alcuni messi a disagio dall'insistenza sull'aspetto operativo di concetti in quanto vogliono che il concetto comprenda in qualche maniera il fatto che i risultati delle operazioni si siano dimostrati utili, e addirittura il modo preciso in cui essi risultano utili. Ancora una volta si tratta sostanzialmente di una questione verbale e di una questione di gusto. Forse è possibile attribuire a un concetto questa connotazione più estesa, ma con ciò certamente si complica enormemente la situazione e inoltre non si sfugge alle incertezze provenienti dagli errori sperimentali, poiché l'uso preciso che si fa di un concetto nel trattare l'esperienza presumibilmente varierà al variare del campo dell'esperienza (Bridgman, op. cit.).

- ❑ La definizione di un concetto coincide con l'enunciato delle sue proprie modalità d'uso ⁵⁰, comprese le condizioni di verifica e ripetibilità dell'esperimento (entro i limiti degli errori tollerati).
- ❑ Il metodo operativo favorisce l'aumento dell'accuratezza, precisione ed affidabilità dei risultati ottenuti, in quanto la scomposizione in elementi costituenti favorisce i controlli ⁵¹.
- ❑ La valutazione dei risultati (ed anche del metodo operativo) è meglio riferibile agli aggettivi: utile ed inutile, rispetto agli aggettivi: buono e cattivo.
- ❑ Il senso del limite cautele dal regresso all'infinito ⁵² e l'eventuale circolarità delle definizioni non solleva particolari problemi o difficoltà.
- ❑ Il passaggio del metodo operativo dalle scienze della natura alle scienze umane è arduo ed irto di difficoltà, perché implica di distinguere bene tra pubblico e privato.
- ❑ In questo ambito, la libertà individuale ⁵³ è condizione, indispensabile e fondamentale, per la garanzia di un buon funzionamento della democrazia.

Appare evidente che non abbiamo a che fare con nulla di sufficientemente nuovo e definitivo da meritare di venir chiamato con un qualche tipo di *-ismo*. Sarebbe difficile caratterizzare esaustivamente la tecnica operativa di analisi; si tratta più che altro di un'arte, che va appresa con la pratica e con l'osservazione del modo in cui la praticavano altri. Certamente essa non mira a erigere una teoria del significato, e neppure a costituirsi in epistemologia. Nella misura in cui si occupa di significati, essa si occupa di condizioni necessarie in quanto distinte da condizioni sufficienti. Nella misura in cui è qualcosa di pratica, si tratta di una tecnica di analisi che si sforza di ottenere, di ogni cosa implicita in una situazione, la massima consapevolezza possibile, portando fuori alla luce del sole tutte le attività e operazioni da noi svolte quando ci troviamo di fronte alla situazione, che si tratti delle operazioni manuali del laboratorio o di quelle verbali ovvero mentali. È un'arte far sì che l'analisi metta in evidenza le operazioni importanti. La convinzione che una tale analisi delle operazioni è importante è in certa misura caratteristica degli scienziati d'oggi; gli antichi filosofi greci non l'avrebbero presa in questo modo. La validità di un'analisi operativa va spesso trovata nel fatto che essa ci permette di trarre più facilmente profitto dalla nostra esperienza generale; in quanto la nostra esperienza ci ha mostrato che certe specie di operazioni sono buone per certi scopi. Se, come spesso avviene, l'analisi mostra che siamo incorsi in errori riguardo alle operazioni che avevamo supposto implicite in certi concetti, la nostra esperienza ci permette di rivedere la nostra valutazione dell'adeguatezza del concetto a realizzare i nostri scopi. L'analisi operativa è priva di valore senza una base di esperienza, e le conclusioni ricavate da una tale analisi non possono avere alcuna validità che non sia a sua volta condizionata dall'esperienza. La situazione qui, su vasta scala, è assai simile a quella su scala minore relativa all'analisi dimensionale: al pari di questa, ci permette di sfruttare certi tipi di esperienza, e senza l'esperienza è impotente (Bridgman, op. cit.).

L'analisi svela, io credo, che molti dei termini della vita quotidiana sono incapaci di conclusione "oggettiva", e fanno parte di catene verbali aperte. Ingenuamente noi ci attendiamo che tale conclusione oggettiva sia possibile in molti casi in cui l'analisi mostra il contrario. Uno dei pregi di un'analisi operativa consiste nella scoperta di questa illegittima aspettativa. Ciò è particolarmente vero per molti termini della filosofia e della religione, come quelli di "essere", "realtà", "Dio". ... L'adozione dell'interpretazione operativa dei concetti esclude automaticamente il paradosso e la contraddizione interna. Ogni situazione concettuale, infatti, ridotta in termini operativi diviene una descrizione di una situazione di fatto, e una situazione di fatto non è contraddittoria. La contraddizione è sempre opera nostra, e noi possiamo incontrarla solo quando ci sbagliamo circa quello che noi crediamo di stare facendo (Bridgman, op. cit.).

⁵⁰ In questo stesso ambito, la molteplicità dei concetti, come quelli di lunghezza (ad esempio, misurabile con regoli tattili ed ottici) e durata (ad esempio, misurabile con orologi meccanici ed astronomici), favorisce contraddizioni.

⁵¹ Il metodo operativo proibisce invece operazioni ipotetiche. Un esempio, presentato di Bridgman, date le conoscenze dell'epoca, è inferire sulla faccia nascosta della luna (fotografata, per la prima volta, solo il 10 ottobre 1959, dalla cosmonave sovietica Luna 3, durante un suo passaggio di rivoluzione attorno alla luna), andando oltre la diversa illuminazione di Marte, per la luce riflessa, proprio dalla faccia nascosta della luna.

⁵² Un'analogia è con le serie semiconvergenti, dove il grado di approssimazione migliora, solo fino ad un certo punto oltre al quale la serie diverge. Infatti la conoscenza si sviluppa per approssimazioni successive, senza tuttavia possedere alcuna garanzia di convergenza.

⁵³ In questo passo di Bridgman è assente una seconda condizione che coloro che scrivono ritengono altrettanto indispensabile e fondamentale, per la democrazia, ovvero la giustizia sociale.

- ❑ Il significato linguistico delle parole è determinato dei loro usi comuni ed insieme le variazioni nel tempo e nello spazio, accettando implicitamente una certa imprecisione.
- ❑ Il significato fisico dei concetti è invece costretto ad una minore incertezza, derivante dalla definizione di un'attività operativa, pur sopportando una notevole riduzione della loro estensione.
- ❑ Circa le esigenze di unicità e precisione è difficile attenersi rigorosamente, a causa degli inevitabili errori di misura e di modello (ad esempio, per le lunghezze l'ipotesi di validità della geometria euclidea ⁵⁴).
- ❑ Gli avvenimenti e le operazioni sono ad un livello più profondo e, di conseguenza, più stabili degli oggetti e delle loro proprietà (cioè il mondo cambia più facilmente del metodo).
- ❑ Il metodo operativo ha una struttura profonda fine, come la grammatica e la sintassi del linguaggio che sottostà alla grammatica ed alla sintassi delle singole lingue.
- ❑ Il metodo strumentale, applicato ai concetti ed ai significati, riconosce il loro divenire, nel tempo e nello spazio ⁵⁵ (ad esempio al variare delle civiltà e/o delle culture).
- ❑ Il metodo operativo non è una normativa; anzi come la logica trova i paradossi, quando indaga se stessa, questo metodo si dissolve quando pretende un eccessivo dettaglio nella sua indagine.
- ❑ Il metodo operativo non è solo strumentale, facendo uso anche di operazioni mentali (ad esempio, gli sforzi interni non sono misurabili, ma sono collegati alle forze esterne, dalla teoria dell'elasticità).

Due convinzioni sono maturate in me: la convinzione dell'importanza di comprendere natura e limiti dei nostri strumenti intellettuali, e la convinzione che il modo in cui tutti noi adoperiamo la nostra mente è inadeguato fondamentalmente. ... In alcuni miei precedenti scritti ho parlato del duplice aspetto che ha il problema della comprensione: da un lato come problema di comprendere il mondo attorno a noi, dall'altro come problema di comprendere il processo di comprensione, cioè di comprendere la natura degli strumenti intellettuali con cui cerchiamo di comprendere il mondo che ci circonda. Nei miei scritti precedenti si ammetteva che questo ultimo è un problema chiuso, che ora possiamo sperare di risolvere con sufficiente approssimazione, se non altro per la ragione che possiamo studiare la nostra mente – che per così dire è sempre con noi – e la possiamo presumibilmente descrivere in modo esauriente in termini attualmente sotto il nostro controllo: ... Tuttavia, è sempre più evidente che comprendere la natura dei nostri strumenti intellettuali sembra essere attualmente prioritario. Anche nella fisica pura, dove il problema non si pone con tanta evidenza, incomincia a diventare chiaro che il problema dell'osservatore deve in ultima analisi riguardare l'osservatore nell'atto di pensare a ciò che osserva ⁵⁶. ... In definitiva, comprendendo meglio i nostri strumenti intellettuali riusciamo forse a toccare concretamente il problema del pensiero umano (Bridgman, op. cit.).

- ❑ Il problema dell'osservatore pone immediatamente il problema, se l'osservatore possa osservare fuori dal sistema e, la negazione del secondo problema, come sia possibile giustificare il sistema stesso, compreso l'osservatore dall'interno.
- ❑ Sono noti i ventitre problemi di David Hilbert, per cercare di spiegare tutta la matematica dall'interno, ed i successivi teoremi di Kurt Gödel sull'incompletezza di ogni sistema logico-matematico, con riferimento all'essere decidibile delle singole proposizioni matematiche ed alla coerenza complessiva del sistema.
- ❑ La soluzione operativa all'impossibilità di fuoriuscire dal sistema e comunque al rischio di regressi all'infinito è effettuare approssimazioni successive, a livelli diversi, isolando gruppi di fenomeni, in base all'esperienza, e valutando le cose non analizzate, come misura del grado d'approfondimento.

⁵⁴ Questa ipotesi, come quella di simultaneità, cade nella teoria einsteiniana della relatività ristretta, con velocità prossime alla luce.

⁵⁵ La variabilità nello spazio non è asserita da Bridgman.

⁵⁶ Una parola pronunciata o scritta è stata pronunciata o scritta da qualcuno, e il considerare la parola come attività consiste appunto, in parte, nel riconoscere chi è stato a pronunciarla o a scriverla. Quando faccio un'affermazione, sia pure quella fredda e impersonale costituita da un teorema di Euclide, sono io che la faccio, e il fatto che sia io a farla costituisce parte integrante del quadro di quella attività. Allo stesso modo, quando voi enunciate un teorema di Euclide, il fatto che sia voi a enunciarlo è parte non trascurabile della descrizione. Così, quando cito un vostro pensiero, sono io che faccio la citazione. L'attenzione per l'aspetto di attività di ogni nostra comunicazione ci obbliga inevitabilmente a dichiarare chi effettua la comunicazione ... (Bridgman, op. cit.).

- ❑ I limiti degli strumenti intellettuali umani, nella comprensione della natura, sono oggigiorno mostrati dal mondo submicroscopico dei fenomeni quantistici e dal mondo extragalattico delle super-galassie (ed il tempo passato, da Bridgman ad oggi, non sembra aver fatto fare molti progressi, a riguardo).
- ❑ Altri limiti degli strumenti intellettuali umani, nella comprensione della natura, potrebbero analogamente essere presenti, nei riguardi di cose, così costanti nel tempo e diffuse ovunque, che nessuno si è mai posto il problema di rilevarle, in quanto fenomeni significativi.
- ❑ Anche la logica deve essere accolta come limitata, nelle sue possibilità e nei suoi compiti; infatti rigore e certezza assoluti sono irraggiungibili ⁵⁷, errori di misura e di modello sono ineliminabili, e tutta la realtà è solo relativa, in base ai limiti delle operazioni eseguite e dei discorsi fatti ⁵⁸.
- ❑ Le parole dei discorsi hanno infatti un significato, cioè un'identità, definiti solo in base alla loro funzione, come mezzo di comunicazione, nel preciso contesto storico, geografico e sociale, dove sono impiegate, con riferimento a qualche attività svolta ⁵⁹.
- ❑ Le attività sono operazioni e svolgono varie funzioni di verifica e controllo, sui significati e sulle identità delle parole, cosicché il loro uso sia appropriato e comprensibile (a riguardo, di particolare interesse è l'imparare il senso e l'uso della parola: io, da parte dei bambini piccoli ⁶⁰).
- ❑ La grammatica stabilisce regole per il corretto raggruppamento di parole, potendo comunque esistere frasi grammaticali, del tutto, prive di significato (come attribuire un colore ad una cosa astratta) e frasi non perfettamente grammaticali dotate di significato (come uno o più nomi con una lista di aggettivi).
- ❑ Un alone d'incertezza ed indeterminazione circonda parole e frasi, perché incerte ed indeterminate sono le lingue stesse, dipendendo dalle loro modalità d'uso ⁶¹ (variabili fino all'idioletto delle singole persone), oltre che dalla struttura grammaticale e sintattica profonda.
- ❑ Una gerarchia di metalinguaggi serve ad interpretare i linguaggi correnti ed i metalinguaggi dei livelli inferiori, effettuando un'analisi di verità delle espressioni linguistiche; tuttavia anche in questo caso, le parole usate appartengono sempre alle lingue correnti.
- ❑ La matematica, la logica, la filosofia, la giurisprudenza e la politica sono attività quasi esclusivamente mentali (anche se la scoperta matematica non è necessariamente un'attività verbale), con controlli sulla loro cosiddetta verità via, via decrescenti, passando dalla matematica alla politica ⁶².

Andando ancora oltre, si può trattare a un livello verbale di astrazione in generale. Così, quando ci troviamo nella necessità di dire che cosa è la verità o il tempo o l'esistenza o qualsiasi altra astrazione, possiamo affermare che si tratta di parole che adoperiamo a tale e tale condizione. ... All'atto pratico, è sorprendente quante situazioni si possono positivamente trattare in questo modo, e quanto raramente ci sia bisogno di qualcos'altro. Questo è senz'altro vero in quasi tutte le situazioni che implicano una comunicazione (la maggior parte delle comunicazioni essendo verbale); se la comunicazione è tutto ciò che ci occorre, risulta anche che non c'è effettivamente nient'altro. ... In generale sembra che una parte essenziale delle attività più importanti della specie umana consista precisamente nella ricerca di come si possa saldare in un'unica struttura verbale coerente tutto ciò che abbiamo da dire. Gli individui differiscono ampiamente tra loro per il loro atteggiamento nei confronti di questa particolare attività umana. Molti agiscono prendendo le cose terribilmente sul serio e considerano d'importanza trascendentale la felice soluzione di questo problema. Ho

⁵⁷ Per contro, occorre sempre puntare al massimo rigore ed alla massima certezza possibili, dato il problema in esame (così come è bene lavorare con buoni ferri del mestiere e non con strumenti rotti).

⁵⁸ Nella tarda scolastica, Guglielmo di Ockham raccomanda di non moltiplicare inutilmente gli enti, impiegati per filosofare.

⁵⁹ Una parola, solo pensata, non è ancora riferita ad un'attività e può essere instabile, nel suo significato e nella sua identità; inoltre una parola isolata è priva di significato ed identità, per ogni nuovo uditore (ad esempio, il filosofo analitico Willard Van Orman Quine non ha potuto comprendere la parola isolata: *gavagai*, pronunciata da un nativo di terre lontane, inseguendo un coniglio).

⁶⁰ Il concetto sottinteso alla parola: io, è appreso, relativamente tardi, dai bambini piccoli, soprattutto per l'uso riflessivo che ne deriva.

⁶¹ Un semplice esempio è dato dalla distinzione di una certa lettera, dal suo suono (o meglio dai suoi suoni, tenuto conto delle varie pronunce possibili) e dal/i suo/i segno/i grafico/i.

⁶² In mancanza di riscontri materiali, incerto ed indeterminato è anche il limite dell'approfondimento delle loro conoscenze.

l'impressione che a questa categoria appartenga la maggior parte dei fanatici religiosi e un buon numero di studiosi di diritto. Altri invece non ritengono così importante che tutto sia ridotto a un insieme verbale coerente, ma si ritengono soddisfatti di essere in grado di affrontare qualsiasi nuova situazione si presenti. Questo atteggiamento è rafforzato da un certo scetticismo circa la possibilità di realizzare questo programma così ambizioso di ridurre tutto a un insieme verbale coerente, scetticismo che appare abbastanza giustificato quando si consideri l'origine casuale dell'intero apparato linguistico umano (Bridgman, op. cit).

Il linguaggio di gran parte della vita quotidiana – quello familiare e in particolare quello femminile – è uno strumento capace di riconoscere la natura transitoria e non ricorrente delle cose, assai più di quella entità alquanto astratta e di comodo da noi presa a oggetto delle nostre discussioni. In questo linguaggio della vita quotidiana le parole non hanno un significato cristallizzato, e presentano un'elasticità maggiore. Nella vita quotidiana il discorso è spesso chiaramente solo una parte di un processo, e ha significato solo nel suo immediato contesto. Il linguaggio viene qui impiegato per far capire quello che passa in quel momento nella mente di chi parla, e chi parla, specie se è una donna, si aspetta che l'ascoltatore accolga il discorso nel senso voluto, e si sforzi di capire cosa stava passando per la mente di chi parlava. La stessa parola usata una seconda volta in un'altra frase, non si trova, naturalmente, nello stesso contesto della prima volta, di modo che non si ha alcuna garanzia che la seconda volta il significato sia lo stesso della prima. In effetti, in siffatte condizioni, non vi è alcuna ragione per cui gli usi successivi di una parola, o le successive enunciazioni della stessa affermazione, siano regolati dal principio di non contraddizione. Tutti hanno probabilmente osservato nella vita quotidiana esempi in cui questo principio viene meno. ... Un uso siffatto del linguaggio richiederebbe un'abilità ... consona alla natura transitoria dell'esperienza (Bridgman, op. cit.).

- ❑ La gerarchia della conoscenza, in termini di oggettività/soggettività (sapendo che l'oggettività oggettiva non esiste), parte dalla fisica e dalla chimica, sale con le scienze naturali e la biologia (senza entrare nel merito di concezioni vitaliste e non), e si eleva maggiormente con le scienze sociali e la psicologia.
- ❑ Contrariamente a certe idee correnti, Bridgman pone ancora più in alto la logica (ad esempio, alcune culture non occidentali fanno uso di logiche diverse, non avendo i nomi collettivi, nelle loro lingue, cosa che impedisce i sillogismi) e la matematica ⁶³, in quanto costruzioni interamente umane.
- ❑ La coerenza di una struttura formale è una condizione necessaria, ma non è sufficiente a garantire la cosiddetta verità; inoltre una struttura formale potrebbe sempre dimostrarsi contraddittoria, a causa di un contro-esempio, in accordo con i teoremi di Gödel.
- ❑ La ripetizione, pura e semplice, accanto al concorrere di determinazioni diverse di una stessa grandezza derivata è un importante strumento di verifica, purché entro i limiti precisati e comunque non potendo mai prescindere da un ragionevole dubbio.
- ❑ La ripetitività, essendo solo uno strumento empirico di verifica, apre la via a considerazioni statistiche e probabilistiche (in primis, il conteggio delle presenze mette i numeri interi in corrispondenza biunivoca con gli elementi dell'insieme contato).
- ❑ L'aspettativa collega, tra loro, i due concetti di probabilità, presentati da Rudolf Carnai, ovvero tanto quella vaga del senso comune, quanto quella matematica rigorosa (in ogni caso, è impossibile stabilire un accordo preciso tra l'esperienza concreta e qualsiasi ramo della matematica astratta,
- ❑ Il collegamento tra probabilità ed induzione ⁶⁴, data l'impossibilità di eseguire un numero infinito di esperimenti a conferma, è solo un problema pragmatico, legato all'attenzione di un certo programma che proietta, sul futuro, certe regolarità registrate nel passato ⁶⁵.

⁶³ Sempre attento ai limiti della conoscenza, Bridgman solleva l'attenzione sul concetto d'infinito, anche in matematica (notando l'infinito in alcune regole, ma mai nei numeri generati da esse) e sulle cosiddette condizioni estreme, come le tesi della termodinamica ed il concetto di entropia, per altissime pressioni.

⁶⁴ Bridgman avvicina molto la logica induttiva a quella deduttiva, riconoscendo che entrambe necessitano dell'esperienza e della soggettività, in quanto sia gli esempi, a conferma, che i contro-esempi, a smentita, richiedono il conteggio delle presenze.

⁶⁵ Le leggi kepleriane di moti planetario e la gravitazione universale newtoniana sono esempi di una logica induttiva, applicata con successo, senza altre pretese di sorta. Bridgman presenta poi la famosa controversia, sulla probabilità, tra Albert Einstein ed i fisici quantistici, sintetizzabile nella frase: Dio non gioca a dadi.

- ❑ Il concetto di probabilità dà ragione del caos ⁶⁶, ben spiegato dalla possibile modellazione, solo parziale, dell'universo (ovviamente globale), senza dover ricorrere ad un'applicazione meccanica ed astratta della legge dei grandi numeri ⁶⁷.
- ❑ La verifica ha scopi personali e sociali, e si riferisce sia ai fatti, sia alle loro asserzioni che talvolta possono curiosamente coincidere; particolari tipi di asserzioni sono quelle logiche e quelle sul passato ⁶⁸, perché prescindono da operazioni concretamente possibili.
- ❑ Circa il futuro è possibile formulare programmi ⁶⁹, per lo più condizionali (ovvero governati da un "se" che apre a più possibili alternative), che terminano non appena il futuro si avvera (o meno), diventando il presente attuale.
- ❑ La differenza tra attori distingue chi descrive l'azione da un altro, solo osservato o conosciuto per interposta/e persona/e; anche il tipo di operazione è da segnalare: un'azione od un'attività dirette, oppure un avvenimento più generale ⁷⁰.
- ❑ Ciascuna operazione ha sue precise modalità legate al tempo, allo spazio ⁷¹, alla/e persona/e (ed anche i significati variano con essi, almeno lentamente), ma molte operazioni possono essere raggruppate in classi.
- ❑ I giudizi non si fondano sui risultati, spesso ottenibili da diverse operazioni, con le loro proprietà, ma sulle operazioni, utili od inutili, isolando le proprietà d'interesse da tutte le altre, con lo scopo di stabilire correlazioni ⁷², per mezzo di un'analisi operativa.
- ❑ L'esistenza di connessioni/correlazioni limita l'indipendenza tra dati diversi e conseguentemente anche la possibilità di una loro libera variabilità (esempi sono dati dal riconoscimento di figure, oggetti e sfondi, nella visione di una scena, oppure nella segmentazione di una sequenza sonora in parole e frasi).
- ❑ L'esistenza di forti correlazioni contribuisce ad estendere determinate classi di operazioni di operazioni che producono risultati comparabili ⁷³, ma esige una rigorosissima precisazione dei limiti di validità del raggruppamento proposto.
- ❑ Il rigore, inteso come esattezza, precisione e certezza è solo un'idea-limite, irrealizzabile in pratica, neppure nei domini astratti infatti la precisione assoluta è per lo più, un'espressione verbale che non si ritrova nell'esperienza).
- ❑ L'incertezza sperimentale, mostrata dagli errori di misura e di modello, è collegata alla natura della conoscenza umana ed alla struttura, biologica e psichica, della mente (di conseguenza, l'oggetto dell'osservazione non può essere separato dall'osservatore e dallo strumento di misura ⁷⁴).
- ❑ La formazione dei concetti fisici, le costruzioni logiche e la stessa modellazione matematica sono comunque il frutto di attività umane, soggette a dubbi ed incertezze che le caratterizzano, in generale, soprattutto quando si configurano come sistemi che hanno a che fare con se stessi.

⁶⁶ Particolari difficoltà sono mostrate dalla modellazione statistica della distribuzione di probabilità di eventi rari, talvolta sopravvalutati, rispetto al loro effettivo accadimento.

⁶⁷ A riguardo, qualsiasi elenco finito di numeri casuali è deterministico (e non stocastico), proprio perché finito (e non infinito, come si richiede per la casualità).

⁶⁸ Pur accettando un a certa durata del presente, Bridgman ritiene che non sia possibile fare affermazioni sul futuro, contrariamente al positivista logico Moritz Schlick.

⁶⁹ Spesso questi programmi sono ritenuti fondati su credenza, ma Bridgman considera questa idea errata e pericolosa.

⁷⁰ In questo contesto, è importante la stessità degli oggetti, soggetti a verifica, quantomeno relativamente alle proprietà d'interesse; per contro, comunque nulla mai sempre uguale a se stesso, data la variabilità della natura.

⁷¹ Bridgman sviluppa un'analisi critica della teoria einsteiniana della relatività generale, da un punto di vista operativo.

⁷² Al posto di correlazioni, coloro che scrivono preferiscono dire connessioni, essendo i dati rilevati solitamente non lineari, né normali.

⁷³ Un esempio importante è fornito dal concetto di forza che trova i suoi campi d'applicazione, passando dalla gravitazione universale alla meccanica dei sistemi articolati, come pure dalla meccanica dei continuo alla meccanica dei fluidi, ecc.

⁷⁴ Ad esempio, il campo elettromagnetico è evidenziato da strumenti di misura che comunque lo modificano, per la loro presenza.

- La riduzione delle azioni fisiche a pure convenzioni (come ipotizzato da Jules Henri Poincaré) non è possibile, in quanto sono proprio le cause materiali a determinare le azioni fisiche osservate, pur rimanendo grandezze inseparabili, da un punto di vista metrologico ⁷⁵.
- I teoremi di incompletezza ed incoerenza di Gödel, ancora una volta, sono richiamati da Bridgman, per mostrare tutta la problematicità di un metodo operativo, altrimenti detto strumentalismo, che non può offrire altre sicurezze, oltre ad un approccio pragmatico, cosiddetto a spirale.

Nessuno scienziato, in quanto tale, si interessa alla proprie motivazioni, quantunque sia fuori discussione il fatto che l'edificio della scienza risenta, nel suo insieme, delle motivazioni di coloro che lo costruiscono. Allo stesso modo, come dimostra l'esame della natura degli articoli dei giornali tecnico-scientifici, lo scienziato come tale non si interessa dei riflessi sociali delle sue attività, quantunque nella sua qualità di cittadino non possa non riconoscere che un riflesso sociale esiste, e magari s'impegna in un'azione al riguardo. ... L'ideale della scienza, come viene attualmente inteso, è un ideale d'impersonalità. Se tutti coloro che hanno competenza in un certo campo concordano sulle risultanze di una certa indagine, almeno quelli che dipendono da idiosincrasie individuali o da errori. Questo spiega il grande valore che in tutte le opere scientifiche viene attribuito al consenso. ... In ogni caso, il "corretto" punto di vista "scientifico", o comunque quello accettato, risale a un singolo o singoli. ... Il consenso non rende la specie umana capace di uscire da se stessa, e dunque non ha tutta quell'importanza che solitamente si crede. La scienza fisica, come oggi viene intesa ed applicata, implica in primo luogo delle misurazioni, che a loro volta implicano l'uso dei numeri. La matematica viene così adoperata per correlare i risultati delle misurazioni, e la possibilità di ricorrere a essa è una caratteristica della maggior parte delle scienze fisiche. Vi è poi l'impiego di esperimenti, più o meno ampio a seconda dell'oggetto della ricerca. L'esperimento è uno degli strumenti più efficaci. ... L'esperimento, come pure la semplice osservazione, non fa molta strada senza l'uso degli strumenti. ... Tutti questi fattori ci presentano dei problemi da prendere in considerazione, ... considerando appunto alcuni aspetti dei problemi della misurazione ... (Bridgman, op. cit.).

Dobbiamo sottolineare un tratto caratteristico universale della sperimentazione, sia che l'esperimento venga escogitato per dare migliore comprensione teorica, o che lo sia per dare nuovi fatti: l'esperimento è significativo e interessante nella misura in cui si riferisce a situazioni ripetibili. ... Non occorre, tuttavia, che la situazione sia ripetibile in tutti i particolari, una volta che è stato dimostrato come nel caso della fisica quantistica che vi sono regolarità statistiche. Sono le regolarità statistiche a interessarci e a essere stabilite dall'esperimento, più che i singoli fatti individuali. A rigore, lo scienziato nello sperimentare ha a che fare con classi di oggetti o di situazioni, più che con singoli fatti individuali (Bridgman, op. cit.).

Il ruolo indispensabile dell'esperimento nella scienza moderna è universalmente riconosciuto, si dice spesso, anzi, che l'esperimento distingue la scienza moderna da quella dei precursori ed è ciò che ne ha reso possibile il rapido progresso. Si parla di "scoperta" del metodo sperimentale. In generale, l'esperimento sembra implicare uno studio di fenomeni in condizioni controllate e variate artificialmente. Si distingue tra scienze sperimentali e scienze d'osservazione: le ultime sono scienze, come l'astronomia o la geologia, in cui è difficile controllare o variare le condizioni. Indubbiamente tutte le scienze preferirebbero essere totalmente sperimentali, se potessero trovarne il modo; questo diventa sempre più possibile, per esempio nella biologia, che da quasi esclusivamente scienza d'osservazione è diventata in larga misura sperimentale. ... E' vero che si può entrare in universi di fatti del tutto nuovi con mezzi che di solito non chiameremmo sperimentali, come quando un botanico fa una spedizione di raccolta in un paese non ancora esplorato. Ma più spesso è l'esperimento stesso che crea il mondo precedentemente sconosciuto. Il mondo della chimica moderna, per esempio, è un mondo che per la massima parte non esiste fuori dal contesto delle condizioni artificialmente create dal chimico. Ancora di più, il mondo del fisico nucleare è un mondo che esiste principalmente nel contesto dei nuovi strumenti e delle nuove condizioni create artificialmente. D'altra parte, l'importanza del ruolo dell'esperimento nel facilitare la comprensione può difficilmente venir sopravvalutato. Con l'esperimento controllato noi possiamo ridurre una situazione e analizzarla articolando i nostri esperimenti in modo da variare un fattore alla volta, e così riportare a una regola situazioni altrimenti così complesse da non poter venir affrontate globalmente (Bridgman, op. cit.).

- Gli strumenti e gli apparecchi sono una costruzione, quasi esclusivamente umana (Bridgman non cita esempi, pure noti, di costruzione di strumenti elementari, da parte di animali).

⁷⁵ Un esempio è dato dal flusso di calore e dalla conduttività termica, ove si prescinde dai moti convettivi e dall'irraggiamento termico.

- ❑ Gli strumenti e gli apparecchi sono sempre riferibili alle condizioni definite come: qui ed ora, e devono essere i più semplici possibili, come il metro lineare, almeno in linea di principio, come l'orologio.
- ❑ Gli strumenti e gli apparecchi (da ora in poi, riuniti nella sola voce: strumenti) permettono un'estensione delle sensazioni visive, acustiche e tattili, contribuendo a formare una certa concezione della natura.
- ❑ Gli strumenti possono essere perfezionati ⁷⁶, ma non possono mai superare i limiti insiti proprio nella natura, ad esempio, come lunghezze e durate minime, benché non sia ancora possibile definirle ⁷⁷.
- ❑ Gli strumenti forniscono, in generale, il risultato della loro misurazione, tramite numeri ⁷⁸ che dovrebbero teoricamente essere indipendenti, da quelli frutto di misurazioni precedenti.
- ❑ Gli strumenti possono incorporare una macchina calcolatrice od un calcolatore (data la sua epoca, Bridgman fa questa distinzione superata), ed sono spesso capaci di integrare informazioni del passato.

Il concetto di "vera lunghezza" si direbbe dunque un relitto dell'epoca prequantistica, probabilmente una proiezione del fatto che siamo riusciti a perfezionare anche i nostri strumenti; forse la connessione è con la teoria matematica. Il risultato della misurazione è un qualche numero, e anche quando sappiamo che il numero che otteniamo con la misurazione è incerto, dobbiamo parlarne o scriverlo con questo o quel numero. Così pure, quando inquadrano le nostre misurazioni entro dei limiti d'errore, il limite dobbiamo scriverlo come un numero definito. E se abbiamo una teoria, inseriamo nelle equazioni della teoria i numeri ottenuti con misurazioni. Possiamo avere molta fiducia in una teoria perché si è rivelata valida in un gran numero di situazioni. Tuttavia, capita raramente che i due membri di una nostra equazione si equivalgano perfettamente quando in entrambi sostituiamo valori numerici ricavati da misurazioni. Con una nuova idealizzazione possiamo dire che le "vere" lunghezze o masse o grandezze d'altro genere sono i numeri che renderebbero perfettamente equivalenti i due membri di un'equazione. Noi crediamo – o meglio è in accordo con il nostro programma dare per buono – che i due tipi di "veri" parametri, cioè quelli ottenuti aumentando indefinitamente la precisione dei nostri strumenti di misura e quelli che verificano perfettamente le nostre equazioni, debbano coincidere. Ma naturalmente di ciò non potrà mai esservi prova sperimentale. Si direbbe che abbiamo definito un concetto in termini delle sue proprietà; ma ancora una volta la scoperta degli effetti quantistici sottolinea il rischio implicito in un tale metodo. Per quanto, in pratica, la teoria dei quanti stessa usi il concetto di "vera" lunghezza nel trattamento dei cosiddetti casi puri. Si verificherà mai questo genere di situazione? ... Per rispondere a questa domanda bisogna probabilmente esaminare quello che intendiamo con "certezza". Non riesco a vedere come potrà mai essere eliminato il dubbio circa il proprio operare; lo stesso dicasi per il genere d'incertezza che nasce dal riconoscere che non c'è alcuna garanzia che la natura sia sempre stata regolare in passato, che possono esservi stati dei singoli punti nello spazio e nel tempo in cui la regolare sequenza causale subì un'interruzione. Invece penso che possiamo escludere l'incertezza matematica che nasce da una accettazione letterale della teoria gaussiana dell'errore, con la sua tesi che esiste una qualche probabilità, per quanto piccola, che in un esempio particolare o in una successione di esempi particolari, vi sia stato un confluire casuale di errori tale da produrre un certo errore totale, per quanto grande possa essere. Questa considerazione estremistica non ha alcuna base nell'esperienza immediata, come non ne ha l'acqua che congela sul fuoco ... che si riduce in sostanza alla stessa questione. Non si è mai osservato nulla che possa condurre a questo genere di conclusione, se non altro per la lunghezza finita della storia umana. Non capita spesso di dover prendere in considerazione le limitazioni imposte dal carattere finito dell'esperienza umana, ma questo è un caso adatto (Bridgman, op. cit.).

- ❑ La misura di lunghezze ⁷⁹ risponde a tutte le regole della geometria euclidea ⁸⁰, fino alle scala del nucleo atomico, ma non oltre, dove forse non ha anche più senso parlare di geometria ⁸¹.

⁷⁶ L'ipotesi di corpo rigido è strettamente connessa con la definizione delle scale di misura; tuttavia è ben noto che non esistano corpi perfettamente rigidi, quantomeno tenuto conto della natura quantistica delle componenti fini della materia.

⁷⁷ Bridgman rifiuta, comunque nettamente, l'ipotesi di uno spazio ed un tempo discreti, benché dalle differenze tra posizioni ammissibili possano essere derivate le lunghezze e le durate minime.

⁷⁸ In questo caso, un isomorfismo è presente tra misure fisiche ed operazioni matematiche; ad esempio, come la giustapposizione di un regolo e la somma di certi numeri. Differente è il caso di scale solo qualitative (come quella di Mohs, per le durezza, o quella di Mercalli, per i terremoti), in quanto per queste qualità sono possibili solo comparazioni, maggiorazioni o minorazioni, ma non addizioni o sottrazioni, oppure altre operazioni più complesse. In ogni caso, mentre la misurazione di lunghezze è replicabile ed una perfetta analogia esiste tra il regolo e le linee caratteristiche dell'oggetto da misurare, già con il tempo sorgono difficoltà logiche e metrologiche, essendo questo irripetibile ed irreversibile, e qualunque orologio differisce molto dall'esperienza comune del trascorrere del tempo.

⁷⁹ Bridgman presenta una breve carrellata di esempi di misure, per mettere in evidenza i punti critici delle misurazioni.

⁸⁰ Non citate da Bridgman, sono le geometrie geodetica e geoidica, ma ben note sono le "correzioni", necessarie per queste "anomalie".

⁸¹ Bridgman segnala la problematicità di cosa significhi parlare di geometria, facendo riferimento alla scala degli spazi intergalattici.

- ❑ La misura del tempo ⁸², tramite orologi meccanici, si rifà alla meccanica newtoniana; tuttavia è necessario rifarsi all'elettrodinamica classica, per quanto riguarda gli orologi atomici.
- ❑ La misura della temperatura, andando oltre le sensazioni psicofisiche, richiede di conformarsi al secondo principio della termodinamica.
- ❑ Il magnetismo ⁸³ è invece un esempio di misure strumentali che non estendono le capacità sensoriali umane, ma vanno oltre le capacità stesse.
- ❑ Strumenti automatici ⁸⁴ sono possibili non solo per grandezze semplici, come la lunghezza e la velocità (misurata con il tachimetro ⁸⁵), ma anche per grandezze più complesse, come la massa e l'energia ⁸⁶.
- ❑ La velocità ⁸⁷ è comunque un concetto molto largo, potendosi parlare sia del moto di un oggetto discreto che del movimento di un'onda continua (ben riconosciuto, benché nessun punto sia identificabile).
- ❑ La causalità, derivata da una qualche propagazione d'effetti (con una sua data velocità), non spiega tutte le coesistenze possibili, così come il giorno dopo non è spiegato dal giorno prima.
- ❑ Contrapposto alla casualità ⁸⁸, il determinismo ⁸⁹ richiede, oltre alla conoscenza completa del campo, un sistema isolato, oppure il controllo esatto della frontiera del dominio in esame. ⁹⁰.

Quasi invariabilmente spingiamo la nostra analisi a un punto in cui i nostri strumenti di lavoro non servono più e dobbiamo spostarci su un'altra linea d'attacco. E' il genere di cosa che ci succede quando diciamo che dobbiamo operare a diversi livelli o che siamo capaci di un'approssimazione a spirale. Si tratta di un fatto intrinseco alla natura del linguaggio e della comunicazione. Sappiamo che vi sono situazioni che non si possono riprodurre nel linguaggio, ma siamo ugualmente costretti a dire con il linguaggio cose che quest'ultimo non è in grado di esprimere. Continuamente incorriamo in queste contraddizioni, e spostando il nostro punto di vista continuamente le affrontiamo. Questo spostamento del punto di vista non è né più né meno che uno spostarsi verso l'oggetto "complementare" della situazione, e in ogni situazione in cui siamo costretti a uno spostamento del punto di vista troveremo sempre un esempio di complementarità. Di solito lo spostamento richiede immediatamente uno spostamento dallo spostamento; cioè ci troviamo sempre di fronte a un regresso o in altri termini a una catena di complementarità. Quando ho a che fare con me stesso e le mie relazioni con la società devo continuamente spostarmi avanti e indietro tra un linguaggio sociale e un linguaggio privato. Oppure, se analizziamo il mondo quotidiano in oggetti, possiamo esprimere solo in termini di avvenimenti che cosa intendiamo per oggetti, e solo in termini di oggetti che cosa intendiamo per avvenimenti. Non possiamo trattare del mondo se non isolandolo, ma quando l'abbiamo isolato siamo costretti a parlare di elementi che emergono nel contesto del tutto. "Emergenza" e "isolamento" sono due termini complementari. Una complementarità o dicotomia molto vasta è quella sì/no. Sembra che il pensiero razionale sia impossibile senza il "non". Quando arriviamo ai limiti del linguaggio, tutto quello che possiamo dire è che la lingua che stiamo usando non è in grado di fare quanto volgiamo, ma non possiamo indicare, senza passare a un metalinguaggio, che cosa precisamente volevamo. "Non" è una bandiera verbale che sventoliamo per indicare che stiamo per cambiare sistema verbale. Non ha senso domandarsi se questa

⁸² Prescindendo da considerazioni sulla teoria einsteiniana della relatività generale e sullo spazio-tempo, di Hermann Minkowski, ancora una volta, Bridgman sottolinea l'irripetibilità e l'irreversibilità del tempo, e la difficoltà di collegare il tempo fisico al tempo psicologico, ad esempio, definendo il presente attuale, rispetto al vissuto passato ed all'attesa del futuro.

⁸³ In generale, parlando del campo elettromagnetico, Bridgman precisa come non sia possibile un rilevamento strumentale dello stesso, in assenza di uno strumento che lo misuri (e lo modifichi, in qualche modo), come lo strumento impiegato sia comunque lo stesso per misurare un'azione a distanza, oppure un'azione attraverso un mezzo, e come il concetto di campo sia più un'entità matematica che una vera e propria realtà fisica. Per analogia, un breve cenno è poi fatto, sempre da Bridgman, con riferimento al campo gravitazionale.

⁸⁴ Uno sguardo alle date dei lavori originali di Bridgman: 1934-1959, stupisce la sua lungimiranza, in un'epoca precedente il prodigioso sviluppo dell'elettronica e dell'informatica che certamente hanno fatto da traino all'automatica.

⁸⁵ Esistono ovviamente altri modi, per misurare la velocità, ad esempio, come l'effetto Doppler.

⁸⁶ Queste ultime misurazioni, in quanto medie funzionali di altre determinazioni, possono essere frequenti, ma non continue.

⁸⁷ Bridgman analizza dettagliatamente la natura, insieme ondulatoria e corpuscolare, luce e le sue velocità (attenzione: non l'invarianza della sua velocità). A riguardo, coloro che scrivono si dichiarano incompetenti e rinviano alla lettera diretta del testo di Bridgman.

⁸⁸ La casualità varia dalla completa aleatorietà alla dipendenza in legge e dipende da certe distribuzioni di probabilità. E' comunque noto che le medie di dati qualsiasi, purché indipendenti ed equi-ponderati, hanno una distribuzione di probabilità asintoticamente normale. Tuttavia mentre è relativamente facile accertarsi dell'equi-ponderazione e porvi rimedio, non è affatto semplice garantire una completa indipendenza, per lo più, dovendo accettare solo un'indipendenza, plausibile e ragionevole.

⁸⁹ Il determinismo ha origine in antichissime concezioni religiose (ad esempio, nell'ebraismo, riconfermandosi poi con l'islam e con il calvinismo) e si struttura, in ambito scientifico, dapprima con la meccanica newtoniana e successivamente con l'elettromagnetismo maxwelliano.

⁹⁰ A riguardo, Bridgman ritorna sulla teoria dei quanti e, in particolare, sui rapporti tra microscopico e macroscopico, come pure tra aleatorio e deterministico. A riguardo, coloro che scrivono si dichiarano incompetenti e rinviano alla lettera diretta del testo di Bridgman.

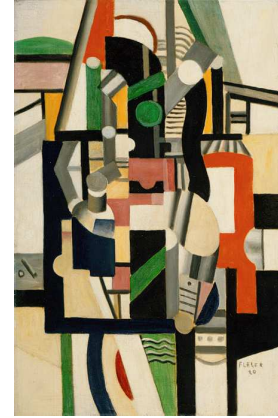
complementarità è prevalentemente in noi o nel mondo esterno. ... L'idea che dobbiamo trattare le situazioni come delle totalità, che non possiamo isolare, e che l'oggetto di conoscenza non si può separare dallo strumento di conoscenza, ci porta molto in là. Qualche volta questa idea viene riassunto dicendo che la teoria ... ha messo in luce l'importanza dell'osservatore. ... Mi sembra (tuttavia) che non possiamo essere definitivamente soddisfatti di un'analisi che ... spera di rendere comprensibili le unità strutturali ultime del mondo, quando la comprensibilità stessa richiede la cooperazione di super-strutture di cui non si vedono ancora i confini, formate da queste stesse unità strutturali. ... Di nuovo troviamo un sistema che ha a che fare con se stesso. Ho idea che sia impossibile affrontare questa situazione in modo migliore che attraverso un processo di approssimazione successiva, che, se siamo fortunati, può darsi tenda a un qualche limite. Non sembra, attualmente, che abbiamo proceduto abbastanza sulla nostra strada, da essere neppure sicuri che si tratti di un processo convergente. ... (Bridgman, op. cit.).

- ❑ Il concetto di stato del sistema, caratterizzato dalle variabili di stato, non ha forse una precisa definizione in fisica, ma è validamente impiegato in meccanica, a valle delle tre leggi fondamentali della dinamica, in termodinamica, nell'applicazione del primo e del secondo principio, ed anche nell'elettromagnetismo, in conseguenza delle quattro leggi di James Clerk Maxwell ⁹¹.
- ❑ In accordo con la fisica classica, lo stato del sistema è definito da Bridgman, in modo puramente operativo, come l'insieme delle misurazioni, attualmente possibili, grazie agli strumenti a disposizione (ad esempio, la posizione e le sue prime derivate temporali), tali che due sistemi si trovino nello stesso stato, proprio se tutte queste misurazioni danno sempre lo stesso risultato.
- ❑ Un super-principio della correlazione essenziale, equivalente al classico principio di ragione sufficiente, permette la riduzione di una certa parte isolabile del mondo (senza dover esaminare il mondo intero), costruendo relazioni d'ordine e di dipendenza (in un dato pattern) che riconoscano la ripetizione identica delle misurazioni presenti e di circostanze future.
- ❑ Il determinismo permette allora di definire lo stato del sistema, con variabili di stato, fisicamente plausibili e significative (come avviene per i fenomeni reversibili); tuttavia quando si prendono in considerazione fenomeni irreversibili (ad esempio, come le rotture per deformazioni plastiche), il determinismo richiede di introdurre, nella modellazione, altre variabili locali che non possono essere osservate.
- ❑ Il futuro dipende pertanto dallo stato attuale, solo per fenomeni reversibili, modellati deterministicamente, mentre il futuro dipende da tutta una storia passata, in presenza di fenomeni irreversibili (ad esempio, come certi fenomeni termodinamici e nella teoria dei quanti) per i quali non si addice una modellazione deterministica.
- ❑ I concetti di creazione ed annichilimento (ovvero il contrario della creazione), in uno spazio vuoto, sito all'interno di una superficie chiusa, di conseguenza, sono solo concetti metafisici classici, in quanto la fluttuazione di zero, impedisce di rilevare strumentalmente la vacuità dello spazio e non è tecnicamente possibile costruire una qualsiasi superficie, di confine, perfettamente stagna.

Ho sempre respinto nella mia coscienza l'ipotesi atea, che Dio sia una ideologia di classe.
Dio è nel mistero del mondo e delle anime umane ⁹² (Concetto Marchesi).

⁹¹ Secondo Ernst Cassirer, l'apporto più importante della teoria dei quanti non è l'abbandono della causalità, ma la modificazione del concetto di stato del sistema.

⁹² Bridgman è molto categorico, riguardo l'ateismo; per contro, anche il suo strumentalismo operativo è accusato di essere un sistema, benché Bridgman stesso lo abbia sempre negato. D'altra parte, come già detto in precedenza ed altrove, coloro che scrivono hanno liberamente e semplicemente scelto di essere agnostici, essendo questo suo paese, così poco normale, retrivo, bigotto e codino, sempre immerso in un clima diffuso controriformista, reazionario e para-fascista, seppure oggi ammantato da falsi miti consumisti, pazzamente reclamizzati. In un paese mitteleuropeo o nordico, forse avrebbero fatto scelte diverse e, in ogni caso, sempre coloro che scrivono non hanno mai sentito alcuna risposta sensata alla domanda tragica, dove era Dio ad Auschwitz?



Fernand Léger, Elementi meccanici (Jacques and Natasha Gelman Collection)

La scienza dipende dall'ambiente⁹³

E nessun uomo ha mai scorto l'esatta verità, né ci sarà mai ... ché se anche qualcuno arrivasse ad esprimere una cosa compiuta al più alto grado, neppure lui ne avrebbe tuttavia vera conoscenza, perché di tutto vi è solo un sapere apparente (Senofane, frammento 34).

La conoscenza scientifica origina dall'immagine del mondo che, con il trascorrere del tempo, gli uomini si sono fatti, a partire dalle osservazioni, per poi affidarsi a modelli via, via più raffinati. Proprio questi modelli hanno sostenuto dapprima tesi deterministiche, come nella meccanica classica e nell'ottica geometrica, ma successivamente hanno portato all'abbandono del determinismo, non per rincorrere le fole dell'irrazionalità, ma sulla base di nuove e più raffinate esperienze e teorie. Infatti gli irreversibili della termodinamica, alcuni fenomeni non lineari dell'ottica (insieme allo sviluppo dell'elettromagnetismo) e la teoria dei quanti (con il principio di indeterminazione) hanno dapprima mostrato sperimentalmente e poi stabilito teoricamente che le leggi della fisica hanno, in generale, solo una validità statistica.

In questo contesto, la limitazione della precisione raggiungibile e la presenza di connessioni/correlazioni tra i dati rilevati, stabilendo i confini della conoscenza, ne determinano la qualità e la quantità. Infatti l'immagine del mondo dipende dall'ambiente, naturale e sociale, e ha caratteristiche intersoggettive che, pur riuscendo a superare la soggettività, non possono portare all'oggettività. Del resto, proprio la statistica, passando dalle scienze fisiche a quelle naturali e poi anche alle scienze umane, serve costruire metodi di azione di massa, prescindendo dallo studio di comportamenti singoli. Inoltre sono la struttura fisica degli uomini e le condizioni ambientali vitali, così come i fattori antropici (culturali, politici, economici, ecc.), oltre agli ovvi limiti di spazio e tempo, a determinare la natura delle conoscenze possibili.

Infine il lessico del linguaggio usato (pur essendo un portato di più lungo periodo ed addirittura naturale nella sua sintassi e struttura grammaticale profonde) condiziona e limita la natura della conoscenza. Dopodiché un altro punto importante è il bisogno di demolizione (pur senza cadere nella tentazione in base alla quale il nuovo è sempre meglio) e la tendenza alla libertà, in quasi tutti i campi delle scienze (con la costruzione di modelli di comodo) e delle tecniche (con l'invenzione dei tanti ritrovati tecnologici), come pure delle lettere e delle arti (in tutte le loro espressioni). A riguardo, esempi eloquenti sono offerti dalla fisica moderna, con le teorie della relatività ristretta e generale, e la ricerca degli invarianti fisici (come la costante di gravitazione universale, la velocità della luce nel vuoto, il quanto di energia e lo zero assoluto).

⁹³ Questo paragrafo è liberamente ripreso e riassunto da: L'immagine del mondo, di Erwin Schrödinger (Bollati Boringhieri, Torino, 2001).

La conoscenza scientifica non si basa solo sui risultati delle esperienze, ma si fonda su assunzioni (cosicché oggi giovani filosofi della scienza ed epistemologi tornano a parlare di metafisica, cioè dell'andare oltre le cose fisiche), fatte proprio per poter sviluppare la conoscenza scientifica, a partire da certe idee, generali o personali, che non sono scientificamente dimostrabili. Questa osservazione annulla, entro certi limiti, la distinzione fra scienze della natura e scienze umane, stabilendo che l'oggetto della scienza è sempre la natura (compresa quella della mente umana), mentre il soggetto della scienza sono invece gli uomini con la loro forma/natura fisica, la loro struttura mentale, la geografia, la storia, la cultura, gli usi ed i costumi che caratterizzano tutta la loro vita personale ed associata.

Due illustri esempi di un assunto metafisico sono, nell'800, alla base della teoria dell'evoluzione (di Charles Robert Darwin) e della teoria statistico-meccanica del calore ⁹⁴ (di Ludwig Eduard Boltzmann) che cancellano molte forze misteriose della natura e gli assunti teleologici della stessa. Dopodiché nel '900, la teoria dei quanti postula l'unicità tra massa ed energia, dopo aver constatato l'essere discreto ⁹⁵ della seconda (in quanto i quanti di energia sono proprio i quanti di massa, come drammaticamente provato dalle esplosioni nucleari), la teoria della relatività speciale cancella i concetti di tempo, di spazio e di moto assoluti (compresa la quiete assoluta), e la teoria della relatività generale spiega le masse come una curvatura dello spazio (seppure l'unificazione dei campi non sia del tutto spiegata a tutt'oggi).

In particolare, la teoria della relatività ristretta mette in crisi in concetto di contemporaneità, in quanto due fenomeni distanti non sono contemporanei istantaneamente, ma solo entro un certo intervallo, tenuto conto della velocità finita della luce (e conseguentemente della velocità di trasmissione delle informazioni), pur senza violare il principio logico di causa ed effetto. Per contro, facendo ancora riferimento agli irreversibili della termodinamica, potrebbero esistere altri luoghi nell'universo dove il tempo scorre all'incontrario, ristabilendo così la simmetria anche per la quarta coordinata del cronotopo. D'altra parte, il concetto di tempo è convenzionale e legato maggiormente ad una concezione sensista che ad una modellazione fisica (e tantomeno ad astratte concezioni religiose e/o ideologiche).

Passando dalla fisica e dalla chimica alla genetica ed alla biologia, l'evoluzione delle specie, governata dagli accoppiamenti cromosomici (studiati dal matematico e biologo Gregor Johann Mendel, padre della genetica moderna) e dalle mutazioni dei geni (anche se la scoperta della doppia elica del DNA, ad opera di James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick, è successiva allo scritto di Schrödinger), mostra passi discreti, come i salti quantici della chimica-fisica. In entrambi i casi, l'approccio statistico è quello usato e contribuisce ad avvicinare le scienze fisiche (che abbandonano il loro determinismo) alle scienze della natura (che fanno invece passi avanti nel campo della matematica, con l'uso della statistica). La prospettiva naturale è un punto d'arrivo che metta poi insieme anche le scienze umane.

I numeri interi sono stati creati da Dio, tutto il resto è opera umana ⁹⁶ (Leopold Kronecker).

L'essere intellegibile della natura inizia con la scuola ionica e prosegue con l'atomismo (seppure affiancando considerazioni etiche ⁹⁷ e diminuendo il rigore scientifico), volendo combattere l'animismo che, con i concetti

⁹⁴ Gli irreversibili della termodinamica sono così spiegati dalla tendenza spontanea al passaggio dall'ordine al disordine e non viceversa.

⁹⁵ La mancanza di continuità permette il conteggio statistico ed una modellazione matematica a numeri interi.

⁹⁶ I numeri interi (od almeno i più piccoli; anticamente fino a quattro non sono considerati numeri e, in islandese, fino a quattro sono tuttora declinati), come l'ordinamento, le simmetrie elementari e la sintassi profonda sono strutture logiche proprie della mente umana e, in parte, degli animali più evoluti. Altre costruzioni matematiche (a partire dalla geometria, aritmetica ed algebra), come le particolarità linguistiche, le categorie, ecc. sono frutto del pensiero umano e dipendono dalla diverse culture degli uomini.

di forza e causa-effetto, arriva fino alla meccanica newtoniana ed alle categorie kantiane. L'opera, teorica di Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach e sperimentale di Gustav Robert Georg Kirchhoff, fa giustizia dei residui animistici anche nella fisica e consolida l'esigenza nelle scienze della natura del loro essere intellegibili. In questo modo, tutte le scienze (non solo fisiche e naturali, ma anche storiche ed umane) non sognano mondi ipotetici, ma completano fatti noti solo parzialmente, nel mondo reale, con la ricostruzione del passato e le previsioni a breve del futuro.

L'essere intellegibile non impone una causalità, ma riconosce permanenze ricorrenti nella casualità, in base al principio di induzione. Tuttavia questo principio non ha una sua qualche fondazione teorica, ma si basa solo sull'aderenza sperimentale tra gli esperimenti ed i modelli. Del resto, anche i contro-esempi del modo di procedere per mezzo di congetture e confutazioni (che danno poi origine a nuove congetture) si distinguono in veri e propri contro-esempi ed errori grossolani solo facendo uso del principio di induzione. Questa ultima osservazione va oltre il testo di Schrödinger e si rifà a tesi di Karl Raimund Popper, più recenti, ed alla loro critica; d'altra parte, occorre serenamente riconoscere l'inesistenza di un criterio assoluto di verità (ma solo qualche tentativo di comprenderla, sempre molto precario e provvisorio).

L'oggettivazione è la seconda preconditione alla conoscenza scientifica, accanto all'essere intellegibile. A riguardo, Schrödinger cita il pensiero di Niels Henrik David Bohr e Werner Karl Heisenberg⁹⁸, facendo certi distinguo, in particolare, sul rapporto tra determinismo e libero arbitrio. Coloro che scrivono hanno già avuto modo di dire altrove circa l'oggettivazione, aderendo alla tesi di Bertrand Arthur William Russell, secondo cui la realtà esiste, quantomeno per innegabili ragioni di praticità. In più rifacendosi a tesi di alcuni filosofi analitici recenti, queste considerazioni sono rafforzate prendendo in esame, oltre alle realtà oggettiva e soggettiva, anche la realtà intersoggettiva, indispensabile e fondamentale per la costruzione di una società civile, quale base per la convivenza pacifica e la sostenibilità economica ed ambientale.

La terza preconditione è data dal clima economico, sociale, politico, culturale e religioso. Infatti repubbliche (democratiche o tiranniche⁹⁹, contrapposte agli imperi), il fiorire di mercati, traffici e commerci, e l'assenza di caste sacerdotali (padrone di un sapere elitario e segreto) sono le preconditioni, tanto nel mondo antico, quanto nel tardo medioevo, nel Rinascimento, nell'Età dei Lumi e nell'epoca del Romanticismo (dati i luoghi di maggior concentrazione di innovazioni, scoperte ed invenzioni). In questo modo, la conoscenza scientifica si sviluppa nella ricerca dei suoi principi unificatori (seppure oggi sfociati nel riconoscimento della sua complessità, quale nuovo principio unificatore) e la modellazione matematica della realtà (oggi, a sua volta, diventata matematico-statistica).

Un'osservazione importante rileva lo svilupparsi della matematica (con la geometria, l'aritmetica e l'algebra), sempre antecedente lo sviluppo della fisica (con l'astronomia, la meccanica, l'energetica, l'atomismo e la biologia). D'altra parte, la matematica è un linguaggio, mentre la fisica è una modellazione della realtà; così rigettando un gretto empirismo, la conoscenza scientifica si sviluppa sulla base di teorie che, a partire dalle prime osservazioni, non devono mostrare contraddizioni, tra quanto affermano e le evidenze sperimentali. In caso contrario, i contro-esempi trovati affossano una teoria (o quantomeno la limitano solo ad alcuni casi particolari) e danno l'avvio alla formulazione di nuove teorie (per poi ripetere il circolo teorico-sperimentale delle congetture e confutazioni).

⁹⁷ L'essere intellegibile della natura è presente anche nella scuola pitagorica, a sua volta, intrisa di concezioni magiche e religiose.

⁹⁸ Schrödinger cita altresì, come due estremi, le monadi chiuse della Monadologia di Gottfried Wilhelm von Leibniz ed una teoria di un tutto unico, quale l'unicismo di fonte religiosa orientale.

⁹⁹ Nelle repubbliche del mondo antico, la tirannide non è molto disgiunta dalla democrazia (e spesso si alterna con questa) che comunque ha forme diverse dall'attuale (ad esempio, con la divisione censuaria e la diversa ripartizione di diritti e doveri, tra i cittadini).

Un'altra osservazione constatata come la conoscenza scientifica sia essenzialmente descrittiva e non dia vita ad una comprensione più profonda della realtà, come già messo in evidenza dalla critica humane della conoscenza e dalla constatazione kantiana di una realtà inconoscibile. Per contro, la conoscenza scientifica mostra legami, più o meno forti, tra aspetti anche molto lontani e diversi della realtà e, secondo Schrödinger, questo fatto deve costituire almeno un tentativo di comprensione. Inoltre prendendo in considerazione tesi più recenti (rispetto al testo dell'autore citato), la conoscenza è non solo personale, ma anche intersoggettiva, cosicché un punto d'incontro nella descrizione della realtà favorisce la comprensione della stessa. Infine nulla di meglio è mai stato trovato nella ormai lunga storia dell'umanità.

Riguardo la distinzione tra realtà e conoscenza, il positivismo stabilisce il suo superamento. Allora l'impiego della matematica e statistica, come linguaggio descrittivo della realtà fisica, ad esempio, fa sì che le onde di probabilità siano gli strumenti matematico-statistici, utili per avere alcune informazioni sulla distribuzione probabilistica delle particelle elementari. Infatti il principio di indeterminazione impedisce la conoscenza esatta insieme della posizione e della quantità di moto. Pertanto pur senza fare di questo principio la base di una nuova teoria dell'incertezza ed incompletezza dell'informazione, esso stabilisce l'impossibilità insieme teorica e pratica di definire individualità delle suddette particelle elementari (e tutto ciò porta a ridefinire il concetto stesso di individualità, dandone una definizione più ristretta).

Lo scetticismo puro e semplice è cosa vile e sterile. Lo scetticismo d'un uomo che si è avvicinato alla verità più di qualunque altro prima di lui e pur riconosce chiaramente gli stretti limiti delle costruzioni della sua mente, è grande e fecondo, e non infirma ma raddoppia il valore delle sue scoperte (Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, L'immagine del mondo).

Un'osservazione che va oltre il testo di Schrödinger (come è scritto in questo punto, ma non al suo alto contenuto etico, in generale), ben si addice a questi tempi, difficili e travagliati, ed a questo paese, così poco normale, invitando a definire identità ristrette anche per gli oggetti materiali estesi. Questa considerazione si addice particolarmente all'io smisurato delle persone vip che, proprio così, potrebbero forse essere migliori di se stessi, contribuendo a fare migliore anche tutta la realtà vicina e più lontana. Infatti occorre tenere conto che si hanno identità negate e comunque già ristrette per le persone più deboli ed indifese, per lo più, vittime dirette e/o indirette proprio dell'io smisurato delle persone vip (ed invece meriterebbero migliori e più frequenti occasioni ed opportunità).

Un'osservazione strettamente inerente al testo di Schrödinger fa invece riferimento al giusto equilibrio tra le evidenze sperimentali, frutto delle esperienze concrete, e la modellazione matematica, puramente teorica. Infatti è ben noto che i dati di misura devono essere variamente manipolati e corretti, per poter diventare quantità osservate da inserire nelle loro equazioni di osservazione, costituenti i modelli matematici con cui rappresentare la realtà. Inoltre tutti questi modelli sono per lo più ricondotti ad una forma lineare, con la determinazione semiempirica dei valori approssimati dei parametri che ne permettono la linearizzazione, cosa che introduce un altro tipo di approssimazione (che coinvolge anche aspetti stocastici, se si opera con modelli non deterministici).

Più in generale, lo studio di una qualsiasi realtà richiede di prendere in considerazione un dato sistema, non necessariamente isolato, ma comunque ben caratterizzato nella sua natura e nelle interazioni con l'ambiente circostante, ed il suo stato all'istante in cui sono eseguite le misurazioni ¹⁰⁰ sul sistema stesso. Per contro,

¹⁰⁰ Dalle misurazioni strumentali e dai modelli matematici adottati, si possono poi fare interpolazioni ed estrapolazioni o predizioni.

occorre saper relativizzare un'ideale d'esattezza che deriva dall'astronomia ¹⁰¹ (nella sua purezza originaria, cioè prima del suo incontro con l'astrofisica), perché la modellazione fine delle grandezze di un qualsiasi sistema si scontra con l'impossibilità, insieme teorica e pratica, di operare ad una scala uno ad uno sia nelle dimensioni dello spazio che nel tempo (tranne per pochissimi casi particolari e comunque, quasi sempre, separando il comportamento spaziale dall'andamento temporale).

Spirito e materia, così come scrive espressamente Schrödinger, non vuole essere una fuga idealista e/o religiosa, ma affrontare il tema della presenza effettiva di una realtà esterna al soggetto senziente (anche perché tanti e tra loro collegati sono i soggetti senzienti). D'altra parte, solo la presenza di animali senzienti permette di avere la coscienza del mondo e, alla luce del pensiero filosofico di Baruch Spinoza (contro il piatto razionalismo del materialismo più gretto), seppure inferiore per qualità, un'anima può essere estesa agli animali inferiori, alle piante ed agli oggetti inanimati. Questa coscienza è cresciuta con l'evoluzione naturale, negli animali superiori fino all'uomo, e tappe simili sono ripercorse da ogni uomo dalla gestazione nel grembo materno fino a tutta l'infanzia, la fanciullezza e l'adolescenza.

In modo analogo alla formazione della coscienza, si constata la costruzione storica di un'etica, seppure caduca e variabile (almeno in buona parte), ed il suo apprendimento da parte di ogni uomo che si fa adulto. Allora quasi volendo far propria la riflessione filosofica di David Hilbert (seppure non citato), la ricostruzione storica rileva il passaggio da una concezione dell'essere come essere, proprio della metafisica di Platone ed Aristotele, all'essere come possibilità, proprio della sintesi critica kantiana. Dopodiché lo stesso Schrödinger riprende i temi della geometria e della fisica moderna, da un lato, mostrando come manchi tuttora una nuova sintesi filosofica e, dall'altro, come questi temi facciano sì che la freccia del tempo non sia più un'imposizione tirannica e possa essere sostituita da una teoria statistica del tempo stesso.

Più in generale, tutte le teorie scientifiche agevolano la comprensione globale di quanto si sia osservato e/o sperimentato. Pertanto queste teorie scientifiche non si limitano alla descrizioni dei fatti, ma si costruiscono con un dato linguaggio che va oltre il dato sensibile (come provato, ad esempio, dal fatto che proprio nessun esperimento mostra che la luce prevalente del sole sia gialla, ma solo che tale sia la sua frequenza modale). Eppure la conoscenza si fonda su questo tipo di vestizioni, figlie di sensazioni non misurabili (nonostante la recentissima capacità di individuare le aree del cervello coinvolte, in quanto anche la neurobiologia è solo una scienza, oggi giorno diventata maggiormente sperimentale) e di costruzioni culturali, che portano così a sfumare il confine tra esperienza e teoria.

Infine pur non usando quest'espressione, Schrödinger contrappone la complementarità intersoggettiva alla complementarità solipsistica (proposta dalla Scuola di Copenhagen). Infatti se è certo che la conoscenza delle cose è basata sulla mutua interazione fra l'osservatore e le cose stesse, è altrettanto verissimo che gli osservatori sono tanti e mutuamente collegati tra loro, in modo senziente, intelligente e riflessivo. In questo modo, l'influenza tra le cose e gli osservatori è reciproca, ma non è affatto uno a molti e viceversa, bensì molti a molti e viceversa. Tutto ciò determina non solo grandi vantaggi per la conoscenza stessa, ma anche innegabili benefici per il vivere associato, il reciproco rispetto, la convivenza civile, la coesistenza pacifica ¹⁰² ed il benessere collettivo (culturale, sociale, politico, economico ed ambientale).

¹⁰¹ Un'ideale d'esattezza è originariamente presente anche nella geodesia e nelle sue scienze affini, ed è oggi sottoposto alla critica dei metodi e dei contenuti, derivata insieme dal loro incontro con la geofisica (ed altre scienze fisiche della terra e dell'universo) e dal loro disperdersi nella geomatica (confrontandosi con tutte le scienze naturali ed antropiche). Infatti entrambe tanto l'incontro, quanto la dispersione pongono la geodesia e le scienze affini di fronte ad una notevole nuova mole di dati, di più difficile acquisizione e di ancora più difficile modellazione, elaborazione ed analisi.

¹⁰² Al termine della seconda guerra mondiale ed in piena guerra fredda, Schrödinger insiste particolarmente su questo punto.

Una teoria della conoscenza scientifica ¹⁰³

I fatti ricevono il loro significato proprio dalle idee secondo le quali vengono interpretati. ... Un fatto non è mai l'incontro bruto di dati sensibili, bensì il collegamento di più dati in un certo ordine dominato da un'idea. ... La nostra credenza a qualcosa di reale ¹⁰⁴ suppone un insieme di sensazioni che inevitabilmente susseguono a certe condizioni volontariamente disposte. ... (Pertanto) un'impotenza della volontà a modificare le sensazioni che riferiamo al reale senza mutare le condizioni a cui queste si riattaccano, (è un) invariante della corrispondenza fra volizioni e sensazioni. ... Per concezione scientifica di una Storia che, abbracciando largamente tutti i fatti del passato – anche quelli, come per esempio i geologici, che escono dal dominio degli uomini – (si) intende ricercarne i rapporti, nel senso che abilita alla previsione. ... Sorge (qui la) differenza di codeste vedute, e non può essere risolta se non da una scelta, la quale implica soltanto l'affermazione di un interesse, e non può affatto escludere la legittimità di un altro interesse, che si può porre accanto al primo, ma non in contrasto con questo. ... Nulla abbiamo da obiettare a coloro ¹⁰⁵, che sostengono essere questo il proprio senso della Storia; e ci sembra chiaro che a tale concetto artistico non osti la domanda della verità dei fatti storici (Federigo Enriques, Problemi della scienza).

Se la verità è soltanto un passo verso la verità, il valore della scienza consisterà piuttosto nel camminare che nel fermarsi ad un termine provvisoriamente raggiunto. I fatti, le leggi, le teorie riceveranno il loro senso non tanto come sistema compiuto e statico, quanto nella loro reciproca concatenazione e nel loro sviluppo. ... La scienza non è semplice riflesso di un ordine delle cose fuori di noi, anzi è la costruzione della realtà per opera della mente; ma la ricostruzione si fa sempre in funzione di dati sperimentali, sicché i principi che, in un certo grado di sviluppo della evoluzione scientifica, traducono certe esigenze della nostra comprensione, evolvono essi stessi per accordarsi con una più ampia realtà ¹⁰⁶ (Federigo Enriques, Il significato della storia del pensiero scientifico).

Nonostante tutti gli appunti che si possono muovere, si deve riconoscere un'idea originale di alto valore: la scienza non è copia passiva della natura esteriore, ma è costruzione che lo spirito umano fa secondo le sue proprie leggi; pertanto la critica della scienza deve scoprire ed illuminare questo elemento subiettivo più profondo che è la razionalità del reale. ... La corrispondenza fra i concetti scientifici e la realtà sensibile rimane sempre una corrispondenza approssimata, ma il valore obiettivo della razionalità del sapere consiste in ciò, che il processo della scienza è un processo di approssimazioni successive illimitatamente perseguibile. ... (Di conseguenza) la ricerca degli invarianti, a cui si riferiscono le leggi naturali, non appare oggi più agli scienziati come discriminazione di una sostanza, distinta e contrapposta al fenomeno; le leggi stesse non vengono più pensate come relazioni rigorose ed universali, ma come approssimazioni successive che ci conducono per gradi a scoprire il poco variabile in mezzo al più variabile; di modo che la scienza appare ad ogni momento imperfetta in ogni sua parte, processo che si sviluppa correggendo ed integrando se stesso, e non sistemazione di acquisti immobili che si aggiungono semplicemente gli uni agli altri ¹⁰⁷ (Federigo Enriques, Scienza e razionalismo).

Ogni avvenimento isolato appare legato necessariamente con lo stato precedente dell'universo, tutto intero, (e) sebbene sorpassi Kant, si accorda assai bene con il suo pensiero (Federigo Enriques, La teoria della conoscenza scientifica da Kant ai giorni nostri).

¹⁰³ Il titolo è volutamente parafrasato da un'opera di Federigo Enriques, di cui si dà menzione nel seguito: La teoria della conoscenza scientifica da Kant ai giorni nostri (Zanichelli, Bologna, 1983).

¹⁰⁴ Un oggetto reale (è) rispondente alla parola "spazio" (ed) il riconoscimento della realtà dei rapporti spaziali, ... all'infuori del senso trascendentale della parola, resta un significato fisico effettivo ... di posizione dei corpi, il cui insieme può ancora essere denotato colla parola "spazio", positivamente presa (Federigo Enriques, Problemi della scienza).

¹⁰⁵ Il riferimento è alla fiera e durissima polemica, sul ruolo della matematica e delle scienze, nei confronti della filosofia, tra il positivismo critico di Federigo Enriques, da una parte, e lo storicismo di Benedetto Croce ed il neoidealismo di Giovanni Gentile, dall'altra.

¹⁰⁶ Il progresso delle conoscenze e dei metodi di ricerca importa bensì una differenziazione e coordinazione del lavoro scientifico, per la quale ogni studioso è costretto a segnare scopi particolari alla propria indagine; ma i problemi che la realtà pone al nostro spirito non sono in alcun modo ordinati secondo ragioni obiettive di affinità entro schemi prefissati. Non vi sono scienze separate e distinte che si lasciano disporre in una gerarchia naturale, ma una scienza sola entro la quale, soltanto per ragioni storiche ed economiche, si sono venuti formando alcuni gruppi di conoscenze più strettamente legate. ... Il valore ideale dell'unità ... implica il rifiuto di ogni distinzione del sapere entro limiti prefissati (Federigo Enriques, La filosofia positiva e la classificazione delle scienze).

¹⁰⁷ L'insieme delle leggi che regolano un processo mentale, solo per finzione può essere interpretato nella forma statica di un simbolismo; spiegare i rapporti logici significa dunque riconoscere le operazioni della mente che valgono a significare. ... E' carattere peculiare della ragione questo: di rappresentare ogni realtà mediante un sistema di concetti astratti; salvo a tendere all'intelligenza di una realtà più vasta – e per così dire più reale – coll'aprire il sistema ad un indefinito progresso ... facendo corrispondere, approssimativamente, ad oggetti reali, definiti questa volta – in un senso diverso dal logico – mediante osservazioni ed esperienze. ... (Allora) il concetto non dà più la misura del reale esistente, ma soltanto del possibile; e un altro principio, il principio di ragion sufficiente, vale a determinare, fra i possibili, ciò che in realtà accade e costituisce l'esistente. ... Quel principio generale di sostituibilità dei concetti ... ha il suo germe nel principio di dualità della geometria proiettiva, ... (cosicché) attraverso modi d'esposizione diversi, l'esigenza della forma logica veniva essenzialmente concepita nella medesima maniera. ... (Infatti) l'evoluzione della scienza geometrica nei suoi vari indirizzi (porta) alla geometria proiettiva e alla metrica differenziale (Federigo Enriques, Per la storia della logica).

Il testo di Federigo Enriques (cui si fa riferimento) presenta per punti il sorpasso ottocentesco e primo novecentesco, rispetto alla sintesi critica kantiana. Innanzitutto la concezione euclidea dello spazio urta con le geometrie non euclidee e richiede di legare la geometria alla fisica, trasportando un a priori, già platonico, in un a posteriori. Infatti nel corso del '700, le considerazioni di Giovanni Girolamo Saccheri e Adrien-Marie Legendre mettono in dubbio la necessità del quinto postulato di Euclide (sull'esistenza, nel piano, di una sola parallela ad una retta, passante per un punto esterno). Dopodiché Carl Friedrich Gauss e János Bolyai, mediante osservazioni geodetiche, e Nikolaj Ivanovič Lobačevskij, attraverso misure astronomiche, mettono chiaramente in evidenza i limiti della geometria euclidea che diventa un caso particolare tra le geometrie non euclidee (ellittiche ed iperboliche), come postulato da Georg Friedrich Bernhard Riemann. Successivamente Felix Christian Klein e Jules Henri Poincaré inseriscono la geometria nell'ambito della topologia, facendo anche della scelta della geometria una convenzione, e la geometria non euclidea è alla base della teoria della relatività generale ¹⁰⁸ di Albert Einstein.

Un secondo punto di revisione è la concezione del tempo che, considerato un numero da Pitagora ed Aristotele, è accettato da Isaac Newton ¹⁰⁹ ed Immanuel Kant, come assoluto. Invece Gottfried Wilhelm von Leibniz concepisce il tempo in maniera soggettiva e relativa, ma questa distinzione non è accolta da Kant ¹¹⁰. Dopodiché Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, all'interno della corrente di pensiero neokantiana, corregge Kant, anche nella concezione del tempo, aderendo a tesi sensiste (già di Agostino d'Ippona e poi di Johann Friedrich Herbart). In questo contesto, il postulato del tempo stabilisce, nei limiti d'approssimazione di ogni esperienza, l'isocronia degli eventi contemporanei, la costanza degli intervalli di tempo identici e la possibilità di correggere e migliorare l'accuratezza e la precisione delle misure di tempo. Inoltre la teoria della relatività ristretta di Einstein comprende il tempo una quarta coordinata, assieme alle tre spaziali, facendo del tempo (oltre dello spazio) una funzione del moto dell'osservatore ¹¹¹. In questo nuovo contesto, definito dallo spazio-tempo (ovvero dal cronotopo di Hermann Minkowski), invariante è la velocità della luce, come dall'esperimento di Albert Abraham Michelson ed Edward Williams Morley ¹¹².

Una prima conseguenza è l'inesistenza del moto assoluto (proprio dell'atomismo democriteo, ma non da tutti accolto nel mondo antico), e del concetto d'inerzia, contestati alla meccanica galileiana-newtoniana già da Huygens e Leibniz, e definitivamente da Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach, a sua volta, preludio delle due teorie della relatività ristretta e generale einsteiniana. Un altro punto di revisione del pensiero kantiano riguarda i concetti di sostanza e causa che, da a priori, diventano a posteriori e devono essere collegati con le esperienze, come fatto per studiare il comportamento delle reazioni chimiche, talvolta addirittura inaspettato (un esempio importante è dato dalla combustione, dove l'ossigeno dell'aria, all'epoca ancora sconosciuto, si lega al materiale combusto, oppure ad una sua parte). Altre contraddizioni sono presenti nei fenomeni termodinamici, dove la conservazione dell'energia, prevede anche il suo decadimento in calore, apparentemente irreversibile (senza perdite), salvo adottare l'ipotesi probabilistica di Ludwig Eduard Boltzmann. Tuttavia scarti dalla meccanica classica ¹¹³ sono presenti in fenomeni ottici ed elettromagnetici, nelle radiazioni ed in particolari fenomeni astronomici.

¹⁰⁸ A giudizio di Enriques, la teoria della relatività generale einsteiniana conclude gli studi sull'elettromagnetismo, sviluppatasi da James Clerk Maxwell a Hendrik Antoon Lorentz, ed unifica la gravitazione universale con la dinamica (inerziale).

¹⁰⁹ John Locke adegua l'empirismo alla concezione del tempo assoluto, rifacendosi alle osservazioni regolari di fenomeni periodici.

¹¹⁰ Una rilettura moderna di Kant, andando oltre la sua sintesi critica, solleva qualche dubbio su questa rigida distinzione.

¹¹¹ Questa puntualizzazione mette in crisi il postulato del tempo (isocronia e costanza degli intervalli) per eventi non compresenti.

¹¹² L'esperimento di Michelson-Morley ha lo scopo di misurare la velocità della luce in differenti direzioni. La sua trovata invarianza serve anche a dimostrare l'inesistenza dell'etere (e del suo vento), mezzo ideale, inventato per spiegare la propagazione della luce.

¹¹³ Già Christiaan Huygens muove le prime obiezioni alle eccessive rigidità della meccanica newtoniana.

Un punto di conferma delle tesi kantiane è invece l'accettazione del determinismo, contro il passaggio dalla causalità alla casualità/probabilità, come proposto da Karl Pearson e ritrovato sperimentalmente da Werner Karl Heisenberg, con il suo principio d'indeterminazione a scale particellari. A riguardo, Enriques cita Epicuro e Lucrezio, rilevando come il *bias* (o deviazione) e l'imprecisione possano essere dello stesso ordine di grandezza, escludendo la possibilità di trarre una qualche decisione definitiva. Del resto, sempre Enriques, respingendo la dinamica quantistica di Paul Adrien Maurice Dirac, cita a sostegno della sua tesi l'opinione concorde del fisico-matematico Tullio Levi Civita. Un commento a riguardo constata, come in un'epoca triste e buia (quale il ventennio intercorso tra le due guerre mondiali), tutto quello che mostra incertezza desta la paura di cadere nell'irrazionale (dai gravami delle dittature totalitarie, alle tragedie della seconda guerra mondiale e dell'olocausto). Solo in anni molto più recenti è possibile riprendere un discorso sereno sullo scetticismo ed il relativismo moderati (Enriques è figlio del suo tempo ed a lui va dato atto di non essersi piegato alle mode deteriori e pericolose di quel drammatico periodo).

Passando dalla fisica alla logica (con i giudizi analitici, i giudizi sintetici e le antinomie), la sintesi critica kantiana è discussa da Maxwell e Mach, per quanto riguarda l'analiticità della proprietà transitiva (ad esempio, valida in statica, ma non in chimica), e da Bernard Placidus Johann Nepomuk Bolzano, Julius Wilhelm Richard Dedekind, Georg Ferdinand Ludwig Philipp Cantor e Giuseppe Peano, per quanto riguarda l'analiticità della disuguaglianza (vera tra il tutto e le sue parti, negli insiemi finiti, ma non in quelli infiniti). A riguardo e facendo preciso riferimento alla classificazione delle scienze (idea già aristotelica, pretesa dalla scolastica, non ben contrastata da Kant e giunta fino al positivismo di Isidore Marie Auguste François Xavier Comte), Enriques accoglie il relativismo logico di Helmholtz, contro il convenzionalismo di Poincaré. Infatti basterebbe voler comparare due figure geometriche, per verificare quali e quante correzioni sono necessarie per procedere alla loro sovrapposizione (per altro, scartando così anche il semplice realismo). D'altra parte, le stesse definizioni, non sono idee platoniche, ma concetti mobili ed imperfetti, in crescita con la conoscenza e soggetti a variazioni e correzioni.

Nel testo in esame, è scritto un omaggio all'universale relatività di Georg Wilhelm Friedrich Hegel, anche se le è opposto il reale come possibilità di un'esperienza (ovvero una realtà infinita i cui elementi si presentano al pensiero, all'interno di una rete di rapporti che tende a costituire un ordine razionale), in accordo con John Stuart Mill. Per contro, occorre ricordare come l'idealismo hegeliano abbia profondamente influenzato quasi tutto l'800 ed almeno parte della prima metà del '900. D'altra parte, Enriques si cura di distinguere la fissità della filosofia della natura hegeliana dalla progressiva estensione della nuova filosofia critica della scienza e, anche da un punto di vista etico, l'orgia dionisiaca dell'attualità hegeliana è opposta ad un ideale apollineo dell'infinito in potenza (ed altresì il razionalismo critico è opposto al positivismo logico ed al pragmatismo contemporanei). Un ultimo punto trattato è il rapporto tra scienza e religione, originariamente indistinte, poi la seconda promotrice della prima, successivamente separate ed infine in conflitto. L'ebraismo di Enriques, in un tempo difficilissimo, invita a ricercare una convergenza, a partire dalla numerologia, per poi passare alle meraviglie della natura ed alla ricerca di valori (è un diverso punto di vista che merita grande rispetto).

La ragione ... cerca nella scienza non soltanto la regola pratica del successo, ma anche l'esempio del pensiero disinteressato che è sforzo teso verso la verità. Noi sappiamo ora che la verità della scienza non si trova come qualche cosa di compiuto e di assoluto in nessuna teoria; ma ogni costruzione di un sistema di idee provvisoriamente formate dal pensiero per rappresentare e spiegare il mondo dei fenomeni esprime qualcosa di vero; e la verità totale per l'uomo è nella serie dei sistemi possibili, e conseguentemente nella evoluzione storica, nella quale le teorie vengono fatte e disfatte, col risultato di procurarci una conoscenza sempre più vasta e più ravvicinata (Federigo Enriques, op. cit.).

POSTFAZIONE – A MO' D'UN SERENO COMMIATO

Volgersi alla cura dello Stato: che cosa infatti potrebbe mai esistere di superiore a chi con il senno sa vedere il vantaggio dei cittadini, mentre il suo senso di giustizia gli impedisce di trarne vantaggi personali ¹¹⁴, ... (e poi) la morte sarà tanto lungi dall'essere un male che viene quasi il sospetto che non esista per l'uomo nient'altro che sia un bene preferibile ¹¹⁵ (Cicerone, Tuscolane).

Nelle Tuscolane ¹¹⁶, Cicerone va oltre la retorica e l'arte oratoria, afferma l'autonomia dalla politica della filosofia, come della scienza e dell'arte, e sostiene l'importanza della matematica (da cui deriva la medicina e l'architettura) ed il valore dell'astronomia (cui affianca l'agricoltura e la navigazione). Infatti l'affievolimento della disputa politica, nella Roma Repubblicana, a seguito dell'avvicinarsi di triumviri, consolati autoritari e dittature, offre a Cicerone l'occasione forzata per occuparsi di filosofia morale. L'ambientazione dei cinque libri è una cittadina, sita negli attuali Castelli romani, ma molto scarna è la descrizione dell'ambiente, limitata a due passeggiate, poste a quota diversa, il Liceo e l'Accademia. Inoltre fin dall'inizio, nel testo sono presenti riferimenti all'epicureismo (ma Lucrezio non è mai citato), mentre più sfumato è invece il riferimento allo stoicismo (che comunque trionfa, a Roma, solo con l'Eneide di Virgilio e poi da Seneca a Marco Aurelio). La forma è quasi quella del monologo, dove l'interlocutore è un giovane allievo, attento all'insegnamento impartito, ed una serie di motivazioni personali costituiscono una morale plausibile che si districa tra diverse posizioni filosofiche, senza compiere scelte radicali.

Per questa attività filosofica, uno scopo atteso è accrescere gli interessi culturali di un'élite romana, al fine di rafforzare la stabilità politica della repubblica, a quel tempo attraversata da una crisi profonda. A riguardo, si noti che Cicerone ¹¹⁷ non è interessato ad istanze democratiche; per altro, come quasi tutti nel mondo antico. Una seconda finalità è più intima e consiste nell'elevare la filosofia a medicina dell'anima, per conquistare la serenità e la felicità, e liberando l'anima da vari timori, compreso quello della morte. In questo contesto, l'educazione familiare e civica sono uno strumento, ad esempio, contro il vizio dell'ambizione; a riguardo, risponde bene la struttura in cinque libri delle Tuscolane, ovvero: (I.) la morte non è un male, (II.) il dolore non è un male; (III.) il saggio non è preda dell'angoscia; (IV.) il saggio non è schiavo delle passioni; (V.) la sola virtù è sufficiente per la felicità. Di conseguenza, nel primo libro, un atteggiamento scettico permette di affrontare i terribili problemi dell'esistenza, a partire da quello della morte (ripreso dall'Apologia di Socrate, platonica) di fronte alla quale Cicerone propende per l'immortalità dell'anima ¹¹⁸, contro la tesi opposta, senza tuttavia sopravvalutare la propria tesi.

¹¹⁴ Ad autorevole conferma di quanto affermato, basta citare un esponente classico del pensiero liberale (ben diverso dal liberismo contemporaneo), quale Adam Smith che scrive un'opera sull'etica: Teoria dei sentimenti morali, quasi come premessa, all'importante opera economica: La ricchezza delle nazioni.

¹¹⁵ Questo pensiero ciceroniano è insieme alto ed arduo. Tuttavia coloro che scrivono intendono aderirvi pienamente, ben affermando, con piena cognizione di causa, di essere contro ogni accanimento terapeutico ed allungamento artificiale della vita. D'altra parte, mentre occorre giustamente lamentarsi dell'insufficienza di una, vera e propria, medicina preventiva, efficiente ed efficace, dopo le battaglie, vinte gloriosamente, per il divorzio e l'aborto, da troppo tempo, in Italia, si attende la regolazione per legge anche dell'eutanasia, intesa come un fatto di civiltà.

¹¹⁶ Questo paragrafo è liberamente ripreso e riassunto da: Tuscolane, di Cicerone (a cura di E. Narducci, BUR, Milano, 2011).

¹¹⁷ Cicerone è gravemente afflitto per la perdita dell'unica figlia, in quell'anno che precede l'anno (44 a.C.) dell'uccisione di Cesare, da parte dei congiurati (che inneggiano poi ad uno schivo Cicerone). Forse anche per questo, ma certamente non solo, Cicerone è iscritto nelle liste di proscrizione di Antonio e, l'anno ancora dopo, ucciso dai sicari di questi.

¹¹⁸ L'immortalità dell'anima è comunque riservata ai soli grandi uomini di cui si tramandano le gesta, come Catone l'Uticense, martire della libertà, di quella epoca. Con un salto di quasi due millenni, nel carne: *Dei sepolcri*, Ugo Foscolo esprime idee e sentimenti simili (A egregie cose il forte animo accendono / l'urne de' forti, ... ; e bella / e santa fanno al peregrin la terra / che le ricetta). E' nuovamente la riproposizione del confronto tra lo stoicismo (cioè una filosofia d'opposizione, nel mondo greco ed ellenistico, diventata una corrente dominante di pensiero, nel mondo dell'impero romano) ed il cristianesimo che eredita molto, da questo, con una maggiore attenzione agli ultimi, ma una ben minore tolleranza, verso i diversi. La scelta di coloro che scrivono, libera e consapevole, di essere agnostici (ovvero scettici e relativisti moderati), corrisponde così, con un salto temporale quasi simile, alla svolta filosofica neopagana dell'imperatore romano Giuliano l'Apóstata.

Ammiro i compromessi, le medie, l'aridità, numeri morti. Non credo nel diavolo, ma se ci credessi me lo immaginerei come l'allenatore che spinge il cielo a sempre nuovi primati (Rober Musil, Uomo senza qualità).

D'altra parte, anche la tesi opposta, sostenuta dagli epicurei, ma pure dagli stoici (che dissolvono l'anima individuale dei singoli nell'anima universale del mondo) e dai tardo aristotelici, è combattuta con irrisione divertita di chi teme ancora le pene dell'Ade, cosicché se questa tesi fosse poi vera, non sarebbe certamente un male. Per contro, nei successivi tre libri, l'accoglimento di alcune tesi stoiche prevale sullo scetticismo originale; in particolare, Cicerone rifiuta il sistema filosofico stoico (con una certa concezione dell'universo, del mondo, dell'umanità e dell'animo umano), ma accetta la morale stoica, intesa a garantire la serenità dell'anima e la sicurezza individuale. Notevole è poi la forma espositiva che si rifà alla tragedia greca, con il lamento dell'eroe, costretto alla sofferenza, ma fortificato da essa, ed il dialogo dei poeti che, a mo' di commento sui temi proposti, invita a mitigare le passioni (secondo le raccomandazioni dei peripatetici), ma non a sopprimerle (diversamente dal pensiero stoico). Nel quinto libro, Cicerone afferma che la saggezza, libera da ogni contingenza (dal timore della morte al trionfo sulle passioni, andando oltre il male ed il dolore che pure assillano il saggio) è l'ideale di una perfetta felicità.

Di derivazione platonica è invece l'invito alla moderazione, così da non gioire, né dolersi troppo per quanto può capitare nella vita. Pertanto nella conclusione ¹¹⁹, l'approccio scettico, avendo visitato l'Accademia platonica (soprattutto attraverso la Neo-accademia di Carneade) ed il Peripato aristotelico, ma anche lo stoicismo e l'epicureismo (così come sono approdati, a Roma, dagli ambienti ellenistici), diventa un approccio eclettico del senso comune, nell'impossibilità di trovare una strada, unica e sicura, per il sommo bene che pure è desiderato, in godimento ai dei dirigenti romani. Continuo è comunque l'oscillare tra una morale, aperta e tollerante, ed una pratica rigorosa della virtù; altrettanto oscillante è l'atteggiamento verso la politica, più subita che fatta, dove al saggio (che è un cittadino della repubblica, proprio perché saggio ¹²⁰) si contrappone l'esiliato (talvolta anche volontario, per evitare il rischio di una nuova guerra civile), ed ancora oscillante tra i procedimenti rigorosi della matematica e gli andirivieni fantasiosi della retorica è il dibattersi tra disperazione e felicità. In questo contesto, importanti sono le due figure contrapposte di Dionigi di Siracusa ¹²¹ ed Archimede ¹²².

Non ho mai preso del tutto sul serio il "mondo" e gli uomini di mondo, e con il passar degli anni lo faccio sempre meno. Ma per quanto grande e nobile fosse (il) cristianesimo, praticato dai miei genitori come vita vissuta, come servizio e sacrificio ..., le forme confessionali ... mi risultarono già molto presto sospette e in parte davvero intollerabili. ... Anche (la) mirabile Chiesa ..., come qualsiasi creazione dell'uomo, emana un intenso odore di sangue e violenza, di politica e bassezza. ... A confronto con (un) cristianesimo così angusto, con i suoi versi un po' dolciastri, con i suoi pastori e i suoi sermoni in genere così tediosi, il mondo ... della poesia ¹²³ ... era certamente molto più allettante. Lì nulla mi incalzava da presso, lì non dominava il sentore di quei modesti pulpiti ... la mia fantasia poteva spaziare, io potevo accogliere in me senza resistenze i primi messaggi che mi giungevano da (quel) mondo ... e i cui effetti sarebbero durati per tutta la vita. ... (Herman Hesse, Brani di diario).

¹¹⁹ Forse proprio per questi toni sfumati, notevole è la fortuna delle Tuscolane, rimaste una delle poche testimonianze della filosofia greca, per quasi tutto il medioevo, a causa non solo della mancanza di testi greci, in occidente, ma anche della diffusa scarsa conoscenza della lingua greca.

¹²⁰ Il sapiente è degno di governare, ma sarebbe altrettanto felice, se visse solo, in quanto cieco e sordo. Per contro, occorre invece tristemente constatare, come chi governa, anche con l'apporto dei cosiddetti sapienti, non sia spesso degno, per nulla, e si perda in inutili beghe e risse, mentre un'osservazione, affatto marginale, dovrebbe rilevare, come i contrasti di pensiero ed azione siano, per lo più, volutamente esacerbati, al di là della differenza d'opinione, vera e propria.

¹²¹ Dionigi è un tiranno di Siracusa, macchinoso ed infelice.

¹²² Archimede è uno scienziato, attivissimo ed appagato, di cui Cicerone ritrova la tomba, nascosta tra pruni e rovi.

¹²³ Oltre alla poesia, si potrebbero aggiungere, essendo questo il senso, ampio e liberatorio, di queste parole: arte, filosofia, scienza e libero pensiero.



Raffaello Sanzio, *Virtù e la Legge (Giurisprudenza)*, con: Gregorio IX approva le Decretali, e: Triboniano consegna le Pandette a Giustiniano¹²⁴ (Musei Vaticani, Città del Vaticano)

Nulla in base alla pura ragione è di per sé giusto, tutto muta col tempo, non troveremo né la verità né il bene ... Quale chimera è dunque l'uomo? Quale stranezza, quale mostruosità, quale caos, quale soggetto di contraddizioni, quale prodigio, giudice di tutte le cose, debole verme di terra, depositario del vero, cloaca d'incertezza e di errore, gloria e rifiuto dell'universo. Cercate dunque di conoscere, o superbo, quale paradosso siete voi stessi! Umiliatevi, ragione impotente! Tacete, debole natura! Imparate che l'uomo supera infinitamente l'uomo e imparate dal vostro maestro la vera condizione che ignorate. ... La grandezza dell'uomo è grande in quanto si conosce miserabile (Blaise Pascal¹²⁵, *Pensieri*).

L'uomo è totalmente umano solo là dove si gioca (Johann Christoph Friedrich von Schiller). Spesso accade che le mani sappiano svelare un segreto intorno a cui l'intelletto si affanna inutilmente (Carl Gustav Jung).

BIBLIOGRAFIA MINIMA

- Apuleio (2003): *Amore e psiche*. Sellerio editore, Palermo.
- Bertuglia C.S., Vaio F. (2011): *Complessità e modelli*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Chiodo S. (2013): *Apologia del dualismo – Un'indagine sul pensiero occidentale*. Carrocci editore, Roma.
- Derbyshire J. (2011): *Ignote quantità – Storia reale e immaginaria dell'algebra*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Bridgman P.W. (1969): *La critica operativa della scienza*. Boringhieri, Torino.
- Bridgman P.W. (2001): *La logica della fisica moderna*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Carroll S. (2012): *Dall'eternità a qui*. Adelphi, Milano.
- Cicerone (2011): *Tuscolane*. A cura di E. Narducci, BUR, Milano.
- Enriques F. (1983): *La teoria della conoscenza scientifica da Kant ai giorni nostri*. Zanichelli, Bologna.
- Esopo (1998): *Favole*. BUR – Biblioteca Universale Rizzoli, Milano.
- Kean S. (2012): *Il cucchiaino scomparso e altre storie della tavola periodica degli elementi*. Adelphi, Milano.
- Schrödinger E. (2001): *L'immagine del mondo*. Bollati Boringhieri, Torino.

¹²⁴ Nell'ordine, rispettivamente una legge canonica ed una legge civile.

¹²⁵ Matematico, filosofo e teologo vicino al giansenismo (di Port-Royal des Champs), una dottrina teologica, tendenzialmente eretica e vicina al protestantesimo, opposta all'imperante morale gesuitica.