

Pensiero magico e scientifico

Un'epistemologia dei saperi occidentali tra fisica, economia e antropologia

Oswaldo Duilio Rossi

Abstract: From Newtonian physics to Relativistic physics, from Quantum statistics to Holonomic theories, from Neoclassical economics to Post-Keynesian economics; Scientific thinking relies on the structure of ancient philosophy and, more generally, on the structure of Magical thinking: mathematics of physics and economics reflect the dual rules of subconscious.

*Ricerca svolta con il contributo di I.F.O.R.
Istituto di Formazione Organizzazione e Ricerca (Roma, Via Tuscolana n. 44)*

Indice

Introduzione

Saperi magici e saperi scientifici.....	1
Sincretismo eretico.....	7

1. Linguaggio matematico

1.1. Segni e significati.....	12
1.2. Matematica naturale.....	15
1.3. Economia linguistica.....	19

2. Razionalismo e illuminismo

2.1. Leibniz e i limiti della ragione.....	26
2.2. Da Kant al sincretismo di Schopenhauer.....	33
2.3. Gli illuminati.....	37

3. Fisica dei corpi

3.1. Newton e le alte sfere.....	42
3.2. Einstein e i mutamenti.....	51
3.3. I buchi della conoscenza.....	57

4. Fisica delle particelle

4.1. Due cose sull'elettrone.....	63
4.2. Campo e controcampo.....	66
4.3. Ordine e disordine.....	70
4.4. All'ombra del quanto.....	75
4.5. L'onda di Schrödinger.....	79
4.6. Il mare di Dirac.....	83
4.7. Legami a distanza.....	87

5. Olonomia

5.1. Scienza fantastica.....	91
5.2. Descrivere la luce.....	94
5.3. Sapere inconscio.....	97
5.4. In un verso o nell'altro.....	105

6. Economia quantistica

6.1. Logiche a confronto.....	112
6.2. Teoria microeconomica dell'impresa.....	114
6.3. Teoria macroeconomica della moneta.....	122

Conclusioni

Sincretismo e dualità.....	137
Complessità e informazione.....	141
Relatività percettive.....	144

Appendice 1: $E = mc^2$	152
---	-----

Appendice 2: la lunghezza di Planck	155
--	-----

Appendice 3: la costante di struttura	159
--	-----

Appendice 4: la velocità della luce	161
--	-----

Bibliografia	166
---------------------------	-----

Introduzione

La nostra civiltà razionalistica, con il suo culto per la demistificazione oggettiva, si vede sommersa in effetti dal riflusso della soggettività [...] e dell'irrazionale (Durand 1963/2009: 527).

Saperi magici e saperi scientifici

Viviamo un momento storico in cui il dibattito pubblico polarizza facilmente le opinioni, schierandole l'una contro l'altra, e schierandole con o contro il *pensiero unico*: una categoria utile a identificare qualsiasi nemico e a giustificare qualsiasi contestazione. Ignacio Ramonet (1995) aveva coniato quell'espressione per criticare la supremazia esercitata dalle logiche economiche – come un'ideologia imposta dall'alto – su ogni altra forma di pensiero. La provocazione di Ramonet ha aperto un filone di critiche su come l'economia controlli la politica e altre dimensioni della società (solo) in funzione delle logiche di profitto; ma la categoria del pensiero unico sostiene facilmente – anche a sproposito – ogni contestazione mossa contro i saperi “istituzionalizzati” e contro i “poteri forti”. Così il verbo *istituzionalizzare* finisce per legarsi al concetto di *male*, sottintendendo l'idea paradossale secondo cui si potrebbe migliorare la società evitando di ricorrere alle istituzioni. E il potere risulta malvagio, se lo si qualifica come *forte*, in contrapposizione a un ipotetico e altrettanto paradossale potere *debole*, perciò più tollerabile; benché un potere debole non sarebbe un *potere*, che implica il concetto di *potenza*, cioè proprio quel concetto di forza screditato dall'espressione di Ramonet¹.

D'altro canto, la locuzione *pensiero unico*, connotata negativamente, sottintende un contraltare connotato positivamente e altrettanto paradossale: il *pensiero multiplo* o, almeno, il *pensiero doppio*, cioè una forma di dualismo che, anziché accettare le idee imposte unilateralmente, sviluppi sintesi verificabili nel dialogo (dal gr., *διά*, ‘tramite’, con *λόγος*, ‘parola’, ‘discorso’) tra tesi e antitesi, secondo il modello argomentativo della filosofia classica. Peccato che i significati linguistici e i comportamenti umani tendano a scivolare naturalmente nel paradosso, come hanno sottolineato George Orwell (1949) e Joseph Heller (1961) proprio sul tema della manipolazione intellettuale: il primo scrittore demonizzò il *doublethink* (ingl., ‘bipensiero’) come un modello di convincimento totalitario che condurrebbe alla schizofrenia chi accettasse una verità considerata falsa inconsciamente²; il secondo scrittore, dal canto suo, incriminò vari paradossi connaturati alla guerra, a partire dalla possibilità di definire ambiguamente il nemico (cioè “chiunque ti conduca alla morte, incluso il tuo colonnello”³) fino alla conduzione delle politiche militari secondo logiche economiche come la *legge di Gresham*⁴ (i soldati che rischiano maggiormente hanno dirit-

1 Il giornalismo politico abbonda di critiche al potere basate sull'allusione alla prepotenza della forza che prevarica la dignità della debolezza, come quelle di Ferruccio De Bortoli (2012), di Furio Colombo (2012) e di Massimiliano Trovato (2018); mentre Roberto Manina cura addirittura una rubrica intitolata *Poteri forti* sul quotidiano *la Repubblica* (www.repubblica.it/rubriche/lobby/).

2 La distopia immaginata da Orwell esemplificava la condizione bipolare dei cittadini di una nazione, convinti di essere in guerra perenne contro un'altra nazione, benché ricordassero un'alleanza recente tra le due nazioni stesse. Lo scrittore britannico potrebbe essersi ispirato alla condizione degli italiani che stentavano a distinguere gli alleati dai nemici dopo l'8 settembre 1943.

3 L'antropologo Richard Wrangham (2019/2019: 340-341) conferma come la guerra esaspera la contrapposizione (interna ad ogni schieramento) tra soldati restii a combattere e comandanti inclini a sacrificarli.

4 Henry Dunning Macleod (1858) attribuì a Thomas Gresham (XVI sec.) la legge secondo cui “la moneta cattiva scaccia quella buona”: nei sistemi economici basati sul valore intrinseco del metallo che costituisce le monete, le persone tendevano a scambiare, passandole di mano in mano, le monete più usurate

to al congedo, ma il loro colonnello alza retroattivamente il livello di rischio per sfruttare la loro abilità fino alla morte, impedendo di fatto il congedo). Quei due romanzi paradossali hanno anticipato il successo scientifico di Watzlawick/Beavin/Jackson (1967), secondo cui la schizofrenia connatura i rapporti di *legame doppio*: quelli in cui qualcuno (dominante) propone a qualcun altro (dominato) di scegliere tra due alternative illusorie, che promettono una qualche ricompensa, ma che di fatto implicano solo punizioni⁵. E Gilles Deleuze (1969) ha dimostrato come “la logica del senso” si giochi proprio nell’ambiguità semantica, nella libertà espressiva e nella libertà interpretativa consentite dal linguaggio e dai processi di significazione. Anzi, “il pensiero evolve riprendendo elementi prefabbricati e preesistenti a cui conferisce un senso nuovo, nel suo sforzo di integrarli in un sistema razionale” (Hadot 1981/2002/2005: 22). Fino ad ammettere la conseguenza estrema secondo cui la cultura (occidentale) si fonderebbe sull’ambiguità:

il fenomeno delle incomprensioni, degli slittamenti, delle perdite di senso, delle reinterpretazioni, che talvolta possono arrivare fino al controsenso [...] Tutte le culture del mondo mediterraneo hanno così finito per esprimersi con le categorie del pensiero ellenico, ma a prezzo di importanti slittamenti semantici che hanno deformato il contenuto dei miti, dei valori [...] Questa sintesi neoplatonica [...] dominerà in tutto il pensiero del Medioevo e del Rinascimento, e in certo qual modo sarà il comune denominatore delle teologie e mistiche ebraiche, cristiane e musulmane (Hadot 1981/2002/2005: 10-11).

L’impossibilità di significare univocamente – disambiguamente – tramite le lingue naturali ha indotto Ignacio Matte Blanco (1975/2000) a sviluppare un modello psicanalitico basato sulla “bi-logica”, anziché sull’analisi archetipica: ha sviluppato un sistema di formalizzazioni matematiche tramite cui superare le ambiguità semantiche e i paradossi involuppati nell’idea freudiana e jungiana di *inconscio*; ha tentato di conferire credibilità scientifica a una dimensione considerata, fino ad allora, puramente umanistica, se non addirittura magica o mistica, come ha lasciato intendere Aniela Jaffé (1989: 1-28) parlando del metodo di Carl G. Jung (1902; 1910), basato su allusioni, su associazioni metaforiche e sul riconoscimento intuitivo di somiglianze e contiguità simboliche, oltretutto su un linguaggio quasi esoterico. Ma il simbolismo e il pensiero magico hanno un valore critico per l’umanità perché il simbolismo e la magia anzitutto sono vere e proprie strutture sociali: sono sistemi comunicativi – collettivi – di condivisione del sapere, prima di essere strutture psichiche individuali (eventualmente patologiche), come ha spiegato Marcel Mauss (1924b).

Il *metodo scientifico*, invece, si fonda sull’osservazione e sulla misurazione dei fenomeni naturali, quindi sulla descrizione matematica di modelli formali, da cui dedurre regole universali: l’Occidente considera la matematica come l’unica forma e l’unica struttura capace di risolvere i paradossi implicati nello studio della natura. Perciò il sapere scientifico si definisce come un pensiero *veramente unico*, se si considerano le sue caratteristiche intrinseche: la scienza è accettata in tutto l’Occidente come *la fonte* (unica) della verità certa e, soprattutto, della razionalità pura; perciò le scienze risultano oggettivamente incontestabili; anzi, il *linguaggio scientifico* è l’argomento primario – l’unico – tramite cui poter contestare tutte le forme di pensiero magico, primordiale, religioso, politico, propagandistico, ecc., che si contrappongono al sapere istituzionale per il loro mero esistere⁶.

(quelle con meno metallo) e a conservare quelle integre, conducendo così i mercati alla svalutazione endemica.

- 5 Per es., un genitore potrebbe chiedere al figlio di schierarsi contro l’altro genitore, costringendo il figlio a compiere una scelta che definisce la sua posizione nel conflitto tra i coniugi: perciò il figlio potrebbe scegliere *solo* di diventare nemico del padre (alleandosi con la madre) o nemico della madre (alleandosi col padre). Un figlio che *colludesse* con tale domanda sembrerebbe addirittura l’artefice del proprio conflitto con uno dei genitori perché sembrerebbe aver scelto consapevolmente uno schieramento; mentre l’artefice reale del conflitto sarebbe il genitore che pone quella domanda di legame doppio.
- 6 Cfr. Claude Lévi-Strauss (1950: XLVI-L) circa il dominio assai recente del pensiero scientifico sul sapere umano, oltretutto circa le considerazioni sul rapporto tra scienza e magia.

I saperi scientifici hanno gioco facile a criticare la fallacia di argomentazioni irrazionali – come la fede (e l'esaltazione) religiosa o le superstizioni e i costumi primitivi – perché i saperi scientifici sono verificabili sperimentalmente e spiegabili razionalmente, ma anche perché sono percepiti come *più utili* economicamente o *più fungibili* pragmaticamente rispetto ai saperi magici; i saperi scientifici sono responsabili della crescita economica⁷, del progresso e del benessere in Occidente; sono responsabili delle condizioni di vita dei popoli che appartengono al primo mondo e sono responsabili del primato che essi vantano per il controllo delle risorse naturali. Perciò l'Occidente considera i saperi scientifici quali depositari della verità *vera*, comprovata razionalmente, *reale* – visibile nelle *res* (lat., 'cose') – e replicabile sperimentalmente, oltreché serialmente.

Il dominio della scientificità sullo sviluppo della cultura occidentale è talmente marcato che all'inizio del terzo Millennio molti atenei hanno sentito il bisogno di riqualificare le discipline umanistiche come *scienze* (scienze giuridiche, anziché giurisprudenza; scienze sociali, anziché sociologia; scienze dello spettacolo, anziché arti drammatiche, ecc.), costituendo addirittura dipartimenti di *scienze umane* (un ossimoro che raggruppa studi di lettere e filosofia, lingue, letteratura, arti e spettacolo, ecc.), pur mantenendo inalterati i contenuti degli insegnamenti classici; soprattutto, conservando un approccio argomentativo retorico, imprescindibile nella discussione di temi propriamente umanistici – come, per es., una critica estetica della poesia futurista – ontologicamente irriducibili a una trattazione organizzata introno al metodo scientifico, formalizzata matematiche, con raccolta di dati sperimentali replicabili.

Il pensiero scientifico tratta i fenomeni naturali in modo diametralmente opposto al pensiero primitivo: il significato economico dei risultati prodotti dal modello scientifico è capitalista, è orientato all'accumulazione di *surplus*, mentre il modello primitivo è orientato alla mera sussistenza⁸. Lo chiariva Martin Heidegger (1954) intervenendo sulla questione della tecnica, che attualizza la ricerca scientifica traducendola dal mondo (colto e differenziato) della comunità accademica al mondo (triviale e confusionario) della gente comune: la tecnica scientifica è una "pro-vocazione" del "fondo" naturale, una "richiesta" volta a "disvelare" l'energia nascosta della natura, per trasformarla, immagazzinarla e ripartirla, riconducendo ogni valore epistemologico a un valore economico-politico.

I saperi scientifici agiscono come un pensiero unico che bandisce (o almeno vorrebbe bandire) la religione e la magia⁹ dalla sfera più generica del sapere o magari dalla struttura del pensiero. Le forme di pensiero "inutili" forniscono risposte basate sulla fiducia – sulla fede – anziché sull'evidenza (dall'ingl. *evidence*, 'prova'¹⁰). Invece, il pensiero unico scientifico sostituisce la fede e il mistero con la certezza e la verità, in virtù di un laicato istituzionale totale (e totalitario); che vorrebbe liberare le persone da ogni forma di "schiavitù" imposta dai saperi esoterici più vari.

Il pensiero scientifico però ha in comune con quei saperi esoterici molto più di quel che possa sembrare, a cominciare dalla tendenza generale a individuare categorie polari, come testimoniano la logica binaria di George Boole (1847; 1854) e di Alan Turing (1950) o il modello duale delle particelle di Paul Dirac (1931): anzi, Sanda/Smarandoiu/Munteanu

7 Robert Solow (1956) ha chiarito quanto la crescita economica dipenda dal progresso tecnologico.

8 Marshall Sahlins (1972) e Pierre Clastres (1997) hanno dimostrato che le società primitive erano "società dell'abbondanza" perché il loro orientamento alla sussistenza (il soddisfacimento dei bisogni) le rendeva "società del tempo libero". La teoria economica di Piero Sraffa (1960) sembra confermare questa visione quando distingue le economie di mera sussistenza da quelle con "sovrappiù" in funzione della quantità di fattore lavoro impiegato nelle seconde rispetto alle prime.

9 Un paio di esempi popolari testimoniano come la comunità scientifica rifiuti l'esistenza del pensiero non-scientifico: tra gli anni Novanta e Duemila, l'astrofisica Margherita Hack ha condotto in Italia una crociata mediatica contro la religione, anziché in favore dell'ateismo; e il matematico Piergiorgio Odifreddi (2007) l'ha proseguita e amplificata.

10 Cfr. Osvaldo Duilio Rossi (2019: 126-132) per una critica al processo di formazione della prova evidente.

(2017)¹¹ rilevano che la fisica quantistica sembra legittimare molte argomentazioni teologiche bandite dal pensiero scientifico classico, pur senza ammetterle apertamente; e basta accostare il pensiero scientifico a una disciplina umanistica come la filosofia, per svelare sovrapposizioni di senso e per sollevare dubbi e incertezze, anziché ottenere le risposte chiare e definite – pragmatiche e fungibili – che la scienza si sforza di fornire. Ma il pensiero scientifico, nel rifiutare il pensiero magico, nega che la struttura del pensiero magico fondi la struttura della società e la struttura di ogni sapere¹², che è la condivisione, da parte di una società, di segni e riferimenti associativi, simbolici, suggestivi: soprattutto quando un sapere implica astrazioni ideali, proprio come quelle scientifiche. Nel rifiutare questa realtà – nel volersi separare e distinguere da essa – il pensiero scientifico si dimostra un pensiero unico.

La scienza delle scienze è la fisica: il pensiero *più unico* di tutti. Ogni scienza si può ricondurre alla fisica lungo una catena neanche troppo complessa di inferenze: l'economia e l'antropologia alla neurofisiologia; la fisiologia alla biologia; la biologia alla chimica; la chimica alla fisica. E la fisica rivela scenari sempre più riconducibili alla religione, al misticismo o (almeno) alla metafisica e alla speculazione filosofica.

La logica e la fisica, la psicologia e la neurologia condividono molti traguardi; parlano lingue diverse, ma dicono cose simili; e, studiate da una prospettiva epistemologica, rivelano processi culturali e interconnessioni tematiche (o connessioni con altri saperi) che riconducono lo sforzo intellettuale al campo dello *spirituale*, come nota Stefano Sbalchiero (2012); restituiscono una mappa del significato estrinseco che quelle scienze e quelle discipline rappresentano per l'Occidente: un significato *simbolico* che – per quanto sconosciuto – afferisce al regime mistico del pensiero umano, cioè il pensiero magico. L'economia, d'altro canto, pur condividendo il linguaggio delle altre scienze, riconduce il proprio sforzo intellettuale al campo del *pragmatismo*, ma deve confrontarsi sempre più spesso con modelli di pensiero irrazionali e con una teoria del valore che pure dipende dalla psicologia e dalla semiotica, oltretutto dalla razionalità matematica, come ha rilevato Daniel Kahneman (2011/2018), e che perciò non può ignorare il pensiero magico.

I processi culturali più significativi per lo sviluppo della cultura occidentale hanno fatto sedimentare saperi che oggi riconosciamo come irrinunciabili (le università e i centri di ricerca li divulgano, le fondazioni li premiano, ecc.), benché ancora oggi quelle scienze rieditino speculazioni teoretiche che l'Occidente vuole considerare superate o antiche, quando non addirittura esoteriche (con tutte le connotazioni negative implicate nell'aggettivo).

Ma non è esoterica la scienza stessa con i suoi linguaggi e con le sue formule? Con la sua impenetrabilità da parte dei profani? Con la sua promessa di ricompensare studi faticosi e dedizione devota, trasferendo ai ricercatori un sapere complesso e altrimenti inaccessibile? La comunità scientifica non pratica forse tutta una serie di “riti di passaggio” codificati (anche giuridicamente), per es., per accogliere i membri nuovi e per bandire gli eretici? E non elabora serie di protocolli e di linee guida “rituali” per lo svolgimento degli esperimenti e delle ricerche?

Lo scienziato moderno si trova necessariamente a far parte di una setta di inintelligibili. Ne risulta un abisso crescente fra lo scienziato e i profani. L'uomo comune deve accettare con un atto di fede le dichiarazioni pubbliche sulla teoria della relatività o sulla teoria quantistica o su altri soggetti esoterici (Merton 1949/1968/2000: 1049).

La fiducia che i profani ripongono nella scienza somiglia molto alla credenza che i fedeli ripongono nella religione e che gli scaramantici ripongono nella magia. La complessità dei saperi scientifici pone l'Occidente in una posizione ambigua nel suo rapporto con

11 Già Fritjof Capra (1975) e Gary Zukav (1979) avevano osservato la stessa relazione.

12 Secondo Mauss (1924b) la sociologia e la psicologia sarebbero forme diverse di analisi del pensiero magico.

l'*invenzione* (nel senso del lat. *invēnīre*, 'trovare', 'escogitare', 'conoscere'): schierato contro il pensiero magico, ma dipendente da esso. L'Occidente – differentemente da altre culture, dichiaratamente basate su modelli di pensiero intuitivo o, più generalmente, spirituale – ha organizzato le proprie conoscenze in un testo complesso, che è stato sviluppato nel corso dei secoli dallo sforzo intellettuale di centinaia di studiosi (mentre le discipline mistiche promettono un accesso immediato e intuitivo al sapere totale da parte degli individui singoli, seppur dopo percorsi ascetici faticosi); un progresso in cui la filosofia si è fatta scienza e, viceversa, la scienza si è fatta filosofia: la speculazione intellettuale occidentale e la sperimentazione empirica si sono supportate vicendevolmente. Del resto, alcuni scienziati "sacri" hanno prodotto i loro contributi più significativi come saggi filosofici o li hanno pubblicati su riviste di filosofia prima che la comunità li considerasse testi scientifici fondamentali: Isaac Newton (1687), Alessandro Volta (1800), Thomas Young (1802), John Dalton (1808), Michael Faraday (1832), James C. Maxwell (1865), Joseph J. Thomson (1897), Ernest Rutherford (1900; 1911), Niels Bohr (1913) e David A. Edwards (1979); o Georges E. Lemaître (1927), che presentò il suo contributo in una sessione filosofica¹³ della riunione londinese della British Association for the Advancement of Sciences (1931); o, ancora, O'Keefe/Nadel (1978), che hanno condotto una ricerca determinante per la neurofisiologia, riformulando espressamente i concetti di spazio e di percezione già esplorati nella filosofia di Berkeley (1709; 1710), di Leibniz (1714) e di Kant (1781).

Il titolo della presente ricerca associa – o contrappone – il pensiero scientifico a quello magico: si vedrà più avanti che l'associazione e la contrapposizione sono due facce della stessa medaglia. Ma prima bisogna premettere che, dopo aver accennato al pensiero scientifico, si potrebbero fornire molte definizioni del *pensiero magico*¹⁴; ciononostante è bene recuperarne il significato più semplice e, al tempo stesso, più vario, che consente di parlare liberamente di pensiero primitivo (un rapporto impulsivo con la realtà, mediato dalle emozioni e dai valori morali, anziché dalla razionalità pura¹⁵), di simbolicità (la tendenza ad associare intuitivamente oggetti e significati svincolati da un nesso causale oggettivo¹⁶), di spiritualità (la cura per ciò che è o sembra andare oltre la sostanza delle cose terrene¹⁷) o di misticismo (un modo di accedere al sapere tramite la pratica ascetica e tramite l'intuizione innata), di metafisica (la speculazione sulle qualità degli enti astratti che organizzerebbero la realtà), di filosofia (una ricerca intellettuale sull'essere delle cose, che dovrebbe tradursi anche in un modo di essere dell'individuo¹⁸) o di ermetismo (un modo di amministrare il sapere esotericamente e di trasmettere la conoscenza allusivamente), senza che questa confusione semantica limiti la ricerca epistemologica; anzi, la polisemia può introdurci nella dimensione della conoscenza intuitiva: la spiritualità del pensiero magico concerne non solo la struttura della società, ma anche e soprattutto l'introspezione individuale – la ricerca del "sapere qualcosa di Sé" – che l'Occidente ha coltivato sin dall'ellenismo

13 Sessione intitolata *The Question of the Relation of the Physical Universe to Life and Mind* (ingl., 'Il problema della relazione dell'universo fisico con la vita e la mente'). Cfr. Helge Kragh (2012: 28).

14 Luigi Berzano (2017) e Giuseppe Giordan (2018) esemplificano il dibattito più recente sul tema.

15 Wrangham (2019) individua l'origine della cooperazione – e perciò della socialità – anche nella struttura primordiale dei valori morali condivisi dal gruppo e mediati dalle emozioni.

16 James Frazer (1890/1920) inaugurò la ricerca nel campo delle credenze primitive, anche rispetto alla loro sopravvivenza nella cultura popolare in forma di pensieri associativi.

17 Già la dottrina protocristiana, nel *Padre nostro* (Mt 6: 9-13; Lc 11: 2-4), testimoniava l'importanza del valore assegnato al "pane spirituale", che è "più di quello sostanziale" (cfr. il cap. 5.4).

18 In quest'ottica la filosofia può dare contezza della logica sottostante al pensiero magico, come testimonia, per es., le ricerche di René Girard (1984; 1987; 1992); ma può anche emancipare il pensiero magico dalla sua ingenuità, come testimoniavano già le varie scuole elleniste.

con le sue filosofie¹⁹, con le sue mitologie e con i suoi culti religiosi²⁰, fino a strutturare la *psicologia* moderna, cioè lo studio della *ψυχή* (gr., ‘anima’, ‘spirito’), che è lo studio di come la mente si appelli al codice culturale e alla struttura della società per costruire l’individuo e la sua “mappa del mondo”; lo studio di come il singolo si appropri e riusi – distorcendo e generalizzando – i simboli organizzati dalla collettività²¹. La polisemia implicata nella struttura del pensiero magico consente di osservare le ambivalenze e le ambiguità annidate nei saperi, soprattutto quelle implicate nel *linguaggio* della scienza, che rivela una propensione latente a parlare di ciò di cui non potrebbe o non vorrebbe – o non dovrebbe – parlare: lo spirituale, l’invisibile, l’in-sensibile e l’indicibile. La teoria psicanalitica di Matte Blanco (1975/2000) risulta particolarmente adatta a rintracciare la presenza di significati ambigui e ambivalenti all’interno dei discorsi scientifici, e perciò sarà richiamata diffusamente nel corso di questa ricerca.

Se si riconosce che il pensiero scientifico unico è un pensiero *unificato* – magico e scientifico – ci si può interrogare su come l’Occidente reagisca alla scoperta scientifica delle caratteristiche più paradossali e irrazionali (apparentemente inspiegabili) della natura; come l’Occidente risolva i paradossi implicati nella somiglianza – o addirittura nella sovrapposizione – dei saperi scientifici e di quelli mistici; e come l’Occidente creda di poter affrontare – se non addirittura risolvere – i “misteri” immanenti della vita (solo) ricorrendo a un linguaggio – con i suoi codici e con i suoi formalismi – che promette di aprire le porte della conoscenza, ma che s’inviluppa su stesso quando parla di “energia”, di “campi”, di “quantum” o di altri costrutti teorici che ricorrono nei saperi scientifici come eco di associazioni magiche.

Il nulla o il vuoto risulta l’argomento più importante e, allo stesso tempo, il più ambiguo da trattare, tanto per la scienza (per es., il concetto di zero introduce la distinzione tra qualità e quantità, come la quantizzazione implica una separazione, un vuoto, tra i pacchetti d’informazione discreta) quanto per la spiritualità (per es., il tema universale della morte presenta la questione dei limiti della coscienza e della conoscenza):

Chi vuole davvero parlare del nulla deve necessariamente rinunciare all’atteggiamento scientifico. Ma ciò costituisce una grossa disgrazia solo fintantoché sussiste l’opinione che il pensiero scientifico sia il solo vero e autentico pensiero rigoroso e che esso possa e debba venir assunto come criterio unico anche del pensiero filosofico. È in realtà vero il contrario. Ogni pensiero scientifico è solo una forma derivata, e con ciò stesso irrigidita, del pensiero filosofico (Heidegger 1966/1990: 36).

Il progresso dell’Occidente dipende dallo sviluppo congiunto del pensiero filosofico e di quello scientifico a partire dal XVIII secolo: un percorso sincretico che ha consentito alla filosofia di trovare riscontro – o smentita – nelle scienze (come la fisica, la biologia, ecc.) e che, d’altro canto, ha condotto le scienze verso conclusioni esplorabili apparentemente solo dalla metafisica o addirittura dalla spiritualità. Certe trattazioni scientifiche ormai implicano trattazioni filosofiche – metafisiche o spirituali – ed è vero anche il contrario, perché entrambe implicano una questione complessa: la relazione tra l’intelletto umano e l’universo indagato da quello stesso intelletto è un circolo vizioso in cui l’intelletto dipende dalla struttura dell’universo, che però è alterata dall’intelletto compreso in essa.

19 Pierre Hadot (1981/2002/2005) ha chiarito che la filosofia ellenista era concepita come un modo di vivere in società per il benessere collettivo, tramite la coltivazione dello spirito individuale, oltretutto come uno strumento di comprensione della struttura dell’universo.

20 La teoria antropologica di Lévi-Strauss (1958; 1972) dimostra come le strutture elementari della società, basate su categorie polari, esprimano le strutture elementari del pensiero umano, soprattutto alla luce delle considerazioni svolte da Matte Blanco (1975/2000) sulla “bi-logica”.

21 Il metodo di Jung (1902; 1910) e la teoria di Mauss (1924b) spiegano questa correlazione tra l’individuo e la società, come anche tra la patologia e la normalità.

Sincretismo eretico

Il linguaggio matematico (cfr. il cap. 1) ha mediato la costruzione e la trasformazione delle teorie filosofiche e delle leggi scientifiche considerate imprescindibili in Occidente (cfr. il cap. 3). Oggi però – anche per come sono strutturati i saperi accademici – i fisici tendono a ignorare le implicazioni filosofiche delle proprie ricerche, prediligendo un empirismo sperimentale legato anche alle dinamiche (economiche) di finanziamento della ricerca; e, viceversa, i filosofi abbandonano lo studio dell’universo materiale, che considerano appannaggio esclusivo, appunto, dei fisici. Il sincretismo tra le due materie si sfoca sempre più rapidamente sullo sfondo di un eccellente progresso tecnico e tecnologico, ma anche di un crescente automatismo comportamentale e di una rapida perdita di consapevolezza e di riflessività autocritica, tanto da parte del complesso sociale²² quanto da parte della comunità scientifica²³. Invece, lo studio dello sviluppo dei saperi in Occidente rileva che la tendenza al partizionamento – necessario per creare l’ordine logico sottostante alla costruzione del sapere – implica un sincretismo ineluttabile: un legame tra concetti e fatti apparentemente disomogenei; un legame tra “le parole e le cose”, per dirla con Michel Foucault (1966), cioè tra la mente e il mondo, che il sapere tenta di spezzare. Perciò Bernard Stiegler (2015) critica la tecnologia come un processo paradossale che, da un lato, accelera la negentropia, cioè la differenziazione che regola l’ordine culturale, ma d’altro lato accelera l’entropia, cioè cancella le diversità biologiche, sociali e psichiche, distruggendo di fatto la vita con l’inquinamento endemico e con i divari socio-economici sempre più asimmetrici.

La parola *sincretismo* ricorda innanzitutto il tentativo ottocentesco di ricondurre l’etica cristiana al pensiero buddhista (cfr. il cap. 2), ma ricorda anche il tentativo novecentesco di ricondurre la meccanica quantistica al pensiero taoista e induista (cfr. il cap. 4), come se quelle speculazioni filosofiche (che nell’estremo Oriente precristiano somigliavano a quelle greche dello stesso periodo) avessero piantato il seme di ciò che la scienza avrebbe ipotizzato e verificato due millenni più tardi. Anzi, oggi la scienza sembra virare verso un panorama speculativo, oltreché sperimentale, come quello esplorato dalle teorie olonomiche più recenti sull’olografia della mente e della materia (cfr. il cap. 5). E questo sincretismo sarà sempre “eretico” – indipendentemente dalla prospettiva adottata per studiarlo – finché il pensiero unico scientifico rifiuterà intrusioni di campo da parte dei profani (come i semiologi, i teologi, gli antropologi o gli psicanalisti), come fa anche il pensiero dogmatico religioso. Infatti, la tendenza multidisciplinare della ricerca significa solo lo sforzo di integrare i risultati di un campo della conoscenza con quelli di un altro campo (per es., l’economia con la psicologia), ma l’accademia rifiuta anche solo il tentativo di declinare i contenuti e il codice di un campo del sapere secondo le categorie e il codice di un altro campo. Cosa che, invece, provo a fare in questa ricerca: riformulando i saperi scientifici in termini magici, cioè associativi e simbolici, che consentano di cogliere i significati latenti di alcuni *dogmi* del sapere, considerati incontestabili e che perciò si dimostrano l’opposto di ciò che vorrebbero essere. Del resto, ogni operazione magica è un tentativo di restaurare un’unità inconscia, come spiegava Lévi-Strauss (1950: XXXII-XL), e l’inconscio stesso è la dimensione asimmetrica in cui le differenze spariscono, come spiegava Matte Blanco (1975/2000).

La parola *progresso* – altro tema centrale nella storia dello sviluppo dei saperi – esprime un significato che l’Occidente odierno lega strettamente alla tecnologia, all’economia e ai costumi sociali, ma che le civiltà del passato legavano a una condizione spirituale della persona singola, soprattutto in Oriente²⁴. Il sincretismo riconduce quei due poli a una relazione di reciprocità tra progresso tecnologico e spirituale che ci sfiora superficialmente ai

22 Cfr. Georges Bernanos (1972), Zygmunt Bauman (2002), Rossi (2008: 107-138).

23 Cfr. Robert K. Merton (1949/1968/2000: 1033-1072, 1165-1192), Bernard Stiegler (2015).

24 Per inciso, si noti che le teorie economiche convenzionali escludono la componente spirituale dal concetto di *benessere*.

marginii della vita quotidiana (come quando incappiamo nelle rivendicazioni ecologiste o in quelle sulla decrescita felice), ma che la scienza inizia a indicare o a intuire come essenziale per la struttura stessa della materia; come se il progresso tecnologico della società dovesse implicare la crescita spirituale della persona (senza cui la tecnologia s'invilupperebbe su se stessa, come paventano le teorie sulla singolarità dell'intelligenza artificiale) e, soprattutto, come se il progresso (tecnologico e spirituale) dovesse consentire l'evoluzione della natura stessa. E anche le scienze economiche dovrebbero rilevare qualcosa di quello schema, immanente ai fenomeni naturali e allo sviluppo delle società umane, per cui ogni sistema sarebbe caratterizzato da un principio di reciprocità che agisce tra i suoi elementi costituenti (cfr. il cap. 6).

L'idea di un'olografia della materia si rintraccia proprio nel sincretismo compiuto dal progresso umano che induce a pensare la scienza e la spiritualità come strumenti di sapere tramite cui la materia arriverebbe a conoscere se stessa. Ogni individuo è costituito di materia: i pensieri di un individuo dipendono dallo stato della materia che li determina; dipendono dallo stato della materia che determina le connessioni neuronali e le reazioni elettrochimiche del cervello. L'individuo che comprende qualcosa sullo stato della materia consente alla materia stessa di comprendere qualcosa di se stessa perché l'individuo e il mondo circostante sono espressioni omotetiche di una struttura comune:

in noi, l'universo esercita ripetutamente la sua capacità di produrre forme attraverso le quali esso diventa coscientemente consapevole di se stesso (Capra 1975/2005: 348).

In termini kantiani (cfr. il cap. 2), l'umanità conosce sempre più approfonditamente la realtà "fenomenica" tramite la scienza e ciò consente alla realtà "noumenica" di conoscere se stessa, di esprimere una forma di autocoscienza. Perciò si può sostenere che il progresso e la condivisione del sapere svolgano le funzioni di un *mēdium* (lat., 'mezzo', 'tramite', 'strumento'). Lo s-piegare qualcosa riflette i suoi effetti tanto sul soggetto che comprende il fenomeno quanto sull'oggetto stesso della comprensione: l'inviluppo di un concetto o di uno stato della materia si apre e lo si rende accessibile ad altri che lo comprendono e lo capiscono (dal lat. *cāpĕre*, 'prendere', 'afferrare'). La legge d'indeterminazione di Heisenberg (1927) e il paradosso di Schrödinger (1935) sembrano validi tanto per la fisica quanto per la spiritualità (cfr. il cap. 4): conoscere lo stato di una variabile modifica lo stato della variabile stessa e di chi la osserva perché la variabile e l'osservatore condividono la stessa struttura quantistica, benché si differenzino nell'esperienza contingente. E ciò vale anche per i filosofi: "Se l'oggetto cambia profondamente di statuto, lo stesso accade anche al soggetto" (Deleuze 1988/2004: 31).

L'idea di un sapere olografico significa che ogni singola informazione acquisita da un soggetto reca in sé tutte le informazioni relative al *continuum* (lat., 'continuo', 'ininterrotto') che avviluppa l'oggetto osservato, secondo una logica frattale (cfr. il cap. 5): il noumeno partecipa ad ogni parte infinitesimale di ogni fenomeno e, d'altro canto, ogni fenomeno riflette le caratteristiche del noumeno, il suo "campo", che a sua volta esprime l'ordine distributivo degli elementi singoli. Proprio la meccanica quantistica implica che ogni "cosa" apparentemente indipendente dalle altre sembri partecipare ad uno schema complessivo che abbraccia tutto (Zukav 1979: 47-48). La causa coincide con l'effetto e viceversa: ogni alterazione della parte singola coinvolge un'alterazione del *continuum* e di tutte le sue parti perché ciascuna parte reca in sé le informazioni – le strutture schematiche – relative al *continuum*. L'insieme continuo (il tutto o il noumeno) si disgregerebbe, se le sue parti infinitesime godessero di un'indipendenza assoluta.

Il sincretismo tra magia e scienza – come quello tra Oriente e Occidente – rievoca quell'interdipendenza continua delle parti singole col tutto e (vicendevolmente) del tutto con le parti singole; come se il sapere corroborasse la consapevolezza (o almeno la convinzione) che ogni particella *rappresenti* una forma di ordine iscritto in ogni manifestazione

della materia; quello che David Bohm (1980) ha chiamato “ordine implicito”. Però la scienza stenta a spiegare (e stenta a comprendere) la meccanica di quell’ordine che, invece, i mistici asseriscono di comprendere (mentendo); mentre la filosofia e il misticismo stentano a contestualizzare le proprie speculazioni nei modelli e nei linguaggi scientifici. Il pensiero magico e quello scientifico non a comunicano, benché elaborino la stessa realtà tramite la stessa struttura mentale.

Erwin Schrödinger (1944/1967: 93-95; 1958/1967: 139) e Fritjof Capra (1975/2005: 61) hanno rilevato quanto i modelli e le immagini della fisica occidentale moderna somiglino a quelli della filosofia orientale classica: entrambe esplorano fenomeni non-sensoriali con strumenti diversi e costruiscono idee simili. L’Induismo innanzitutto considera una realtà indivisa e totale, chiamata *Brahman*, di cui le persone percepiscono manifestazioni parziali e frammentarie tramite i sensi; la mente classifica e distingue quei frammenti costruendo una “mappa” che le persone confondono col “territorio”, come hanno precisato Alfred Korzybski (1933: 750) e Bandler/Grinder (1975: 179). “*Māyā* è l’illusione che deriva dallo scambiare questi concetti per realtà” (Capra 1975/2005: 105). Per es., questo libro – come qualsiasi altro volume – fornisce una serie di informazioni frammentarie (capitoli, paragrafi, moduli semantici, ecc.) secondo un ordine prestabilito dall’autore; ma rappresenta anche un sistema compatto, che il lettore avrà difficoltà a cogliere nella sua unità perché tenderà a riorganizzare quelle informazioni secondo le proprie categorie e le proprie abilità cognitive, ignorando alcuni passaggi, dimenticandone altri, reinterpretandone altri ancora; perdendo così l’unitarietà totale del testo, le cui informazioni sono date tutte insieme (già esistono, stampate nel volume in sé), ma vengono estratte differenzialmente (parola per parola, momento per momento); comunque riunificate – sistematizzate come un *unicum* – nella rappresentazione del sapere individuale e collettivo.

Tanto la filosofia quanto la scienza trasformano il nostro modo di vedere le cose, ma lo fanno tramite processi diversi, oggettivi o soggettivi:

il mondo della scienza e quello della filosofia si contrappongono, ciascuno a suo modo, al mondo della percezione abituale: la scienza perché, attraverso l’eliminazione della percezione, ci schiude un universo ridotto ai suoi aspetti quantitativi grazie a procedimenti insieme matematici e tecnici, la filosofia, a sua volta, perché, attraverso l’approfondimento e la trasformazione della percezione abituale, ci fa prendere coscienza del fatto che noi percepiamo il mondo e che il mondo è ciò che noi percepiamo (Hadot 1981/2002/2005: 183).

Una lettura comparata della ricerca svolta da Hadot svela come la filosofia ellenistica operasse sulla mente del soggetto pensante attivando gli stessi processi mentali commentati anche dalle tradizioni orientali: il contenuto spirituale della filosofia classica, che la scienza occidentale ha abbandonato nel corso dei secoli, lo ritroviamo in oriente, come un rizoma radicato nel pensiero umano. Per es., il buddhismo condivide con l’Induismo l’idea che le percezioni sensoriali e le categorie mentali diano luogo a una conoscenza intellettuale soggettiva, frammentata e distorta rispetto alla realtà unitaria oggettiva: il *Dharmakāya* buddhista (analogo al *Brahman* induista) “pervade tutte le cose materiali dell’universo” (Capra 1975/2005: 116). Il *Dao* cinese, a sua volta, è la ‘via’ percorsa dall’universo; è una realtà “completa, universale e onnicomprensiva” (*Zhuāngzǐ* XXII) – analoga al *Brahman* induista e al *Dharmakāya* buddhista – che impone mutamenti continui, regolati da un equilibrio incessante tra polarità oppostive (*yin*, il maschile celestiale, e *yang*, la femminilità terrestre). L’*Yījīng* e il *Dàodéjīng* spiegano che quel rapporto di equilibri sarebbe insito in ogni evento e in ogni cosa.

Le due polarità oppostive e costantemente oscillatorie del taoismo (*yin* e *yang*) e del platonismo (più e meno, caldo e freddo, nel *Filebo*, giovane e vecchio del *Parmenide*) hanno anticipato le leggi dell’elettromagnetismo, con polarità contrapposte ma interdipenden-

ti, e hanno anticipato il modello atomico di Niels Bohr (1913) e di Arnold Sommerfeld (1919), basato sull'interazione dinamica tra protoni ed elettroni; come hanno anticipato anche la dualità del modello di Dirac (1931), che ipotizzò l'esistenza dei positroni, antiparticelle con la stessa massa e la stessa carica elettrica degli elettroni, ma di segno opposto. L'archetipologia, similmente, ha rilevato due regimi simbolici della psiche e del sapere opposti tra loro: "il primo gravitante attorno agli *schemi ascensionali e diairetici*, promotore di immagini purificatrici ed eroiche, il secondo identificantesi con i *gesti della discesa e del rannicchiamento*, focalizzato sulle immagini del mistero e dell'intimità" (Durand 1963/2009: 329). La neurolinguistica, ancora, ha identificato due modalità opposte del pensiero: una "ricordata" e una "costruita", ciascuna gestita da uno dei due emisferi cerebrali, che determinano una lunga serie di modalità oppostive operate dalla mente, come quella razionale/intuitiva, generale/specifica, digitale/analogica, aggressiva/fuggitiva, ecc. (Hall/Bodenhamer 1997: 51-130). La psicologia pure ha rilevato due "velocità" del pensiero, che consentono di integrare e processare le informazioni per fini diversi (Kahneman 2011/2018). La "legge dei mutamenti" cinese (*Yijīng*) e il "*πάντα ῥεῖ*" greco ('tutto scorrere') hanno anticipato grossolanamente il modello trasformativo della materia (XIX sec.), secondo cui gli elementi microscopici si agitano e decadono spontaneamente in altri elementi, benché lo stadio macroscopico della materia mantenga una stabilità apparente. Il *Brahman* induista e il *Dharmakāya* buddhista hanno anticipato l'idea scientifica di un'interconnessione quantistica e ologica che regolerebbe tutto l'universo (cfr. il cap. 5).

The men of old, while the chaotic condition was yet undeveloped, shared the placid tranquillity which belonged to the whole world. At that time the Yin and Yang were harmonious and still; their resting and movement proceeded without any disturbance [...]. This was what is called the state of Perfect Unity. At this time, there was no action on the part of any one, but a constant manifestation of spontaneity²⁵ (Zhuāngzǐ XVI).

Il progresso scientifico e filosofico sembra radicato profondamente in un dualismo che riecheggia ovunque, anche nei modelli socio-antropologici più accreditati, come quello di Lévi-Strauss (1958), basato su serie complesse di opposizioni duali (per es., genitori/figli, crudo/cotto, vivo/morto, ecc.), e quello di Mary Douglas (1970), basato sulla dicotomia tra purezza e contaminazione, tra ordine e disordine. Il progresso così sembra tornare costantemente alle origini di un pensiero universale che riconduceva l'essere alla "spontaneità", alla tendenza ad assecondare "l'equilibrio di *Yin* e *Yang* [e la] somma unità" (Zhuāngzǐ XVI) che raccoglie ogni causa e ogni effetto; e che riconduce i saperi diversificati verso una radice comune, per quanto ramificata e complessa. Forse per questo motivo Niels Bohr (dopo essere stato nominato cavaliere dal re danese Frederick IX nel 1947) si fregiò di uno stemma sincretico (fig. 0.1), che riunisce l'araldica europea medievale cavalleresca (lo scudo e la fascia d'onore) con l'ideografia cinese arcaica filosofica (il *tàijítú*, ☯), per sintetizzare graficamente il motto "*contraria sunt complementa*" (lat., 'gli opposti sono complementari').

25 Trad. mia dall'ingl.: "Gli antichi, mentre la condizione caotica era ancora embrionale, condividevano la tranquillità placida propria del mondo intero. A quel tempo lo Yin e Yang erano in armonia e stabili; la loro quiete e il loro moto procedeva senza alcun disturbo [...]. Questo era ciò che viene chiamato lo stato di Unità Perfetta. Allora non c'era azione da parte di nessuno, ma una manifestazione costante di spontaneità".



Fig. 0.1. *Stemma cavalleresco di Niels Bohr.*

Addirittura Schrödinger (1958/1967: 145) credeva che il paradosso dell'antinomia e della complementarità degli opposti si potesse risolvere proprio assimilando le filosofie orientali alle scienze occidentali.

La scienza teorizza e dimostra sperimentalmente che l'organizzazione della materia ha qualcosa di magico o di divino: i legami tra gli atomi che costituiscono le molecole rispondono a leggi sofisticate e ancora misteriose; ma soprattutto rispondono a processi probabilistici che dimostrano qualcosa di miracoloso, se si pensa che la *casualità* – anziché la *causalità* – consente il dispiegamento di una realtà complessa, ma stabile; laddove, invece, sarebbe più facile aspettarsi che il caso produca una realtà disordinata, confusa e imprevedibile, coerente col principio dell'entropia descritto al cap. 4.

La scienza tende sempre più verso la spiritualità, mentre dimostra sempre più razionalmente quanto la struttura della realtà sia complessa e inintelligibile nella sua totalità.

1. Linguaggio matematico

In lui l'interesse per la conoscenza fine a sé stessa superava le esigenze applicative al punto da spingerlo ad imparare anche concetti e tecniche estranee ad una diretta utilizzazione pratica (Franci 2002: 326).

1.1. Segni e significati

La fisica e parte della filosofia condividono l'uso del linguaggio matematico, che affonda le sue radici logiche nel mondo ellenico classico e che Leonardo Fibonacci (1202) formalizzò in Occidente ricorrendo ai numeri arabi. Quello stesso linguaggio ha sviluppato rami del sapere come la logica binaria, la scienza economica e la meccanica quantistica, realizzando il sincretismo accennato nell'introduzione, connettendo saperi diversi. Chi studia la fisica, l'economia o altre scienze "pensa" in termini matematici. Molte idee rivoluzionarie, in campi diversi del sapere, derivano da trasformazioni algebriche di espressioni matematiche. Perciò è necessario comprendere la grammatica e la sintassi del linguaggio matematico, se si vuole comprendere l'epistemologia dei processi culturali scientifici. Ne riassumo le regole primarie perché il lettore potrebbe averle dimenticate, se non le utilizza quotidianamente; ma ne fornisco anche un'interpretazione simbolica, alludendo sin d'ora ai loro significati latenti, responsabili del sincretismo che riunisce saperi apparentemente asimmetrici come la scienza e la magia. E l'occasione è buona anche per riassumere lo sviluppo formale del pensiero scientifico in Occidente, che diamo per scontato e di cui tendiamo a dimenticare la storia, pur se ne riconosciamo il significato; una struttura di pensiero che dipende strettamente dalle espressioni algebriche (dall'arabo *al-ğabr*, 'unione', 'completamento'): enunciati o periodi, costruiti simbolicamente, relativi a calcoli risolutivi di problemi logici.

I modelli matematici si basano sulle *equazioni*: espressioni algebriche che usano il segno *uguale* (=) per descrivere la relazione (+, −, ×, /) sussistente tra alcuni elementi di un discorso (lettere e numeri scritti da una parte del segno =) e altri elementi (lettere e numeri scritti dall'altra parte del segno =).

Il segno = può significare tante cose: specifica il risultato di un'operazione o di una serie di operazioni (per es., $8 = 40/5$) che si può leggere tanto da destra verso sinistra (40 diviso 5 restituisce 8) quanto da sinistra verso destra (8 si può scrivere $40/5$ anziché 2×4 o $5+3$, ecc.). Perciò il segno = attribuisce ambivalenza agli enunciati, il cui significato può variare a seconda dell'ordine di lettura, pur preservando in ogni senso il suo significato speculare¹; ma, più generalmente, il segno di uguaglianza mette in corrispondenza alcuni elementi, scritti da una parte, con altri elementi, scritti dall'altra parte (per es., $w+x = y-z$); o, ancora, fornisce la definizione di una grandezza (per es., $v = s/$). Soprattutto, il segno = introduce il pensiero nel dominio delle astrazioni intellettive: basta trasformare l'espressione $7 = 4+3$ (che significa il risultato di una somma) in $x = 4+3$ per capire che l'equazione può tradurre un'entità teorica astratta (x) in una grandezza oggettiva e concreta (4+3 metri, litri, ecc.); ma un'ulteriore trasformazione di quella stessa equazione in $x = y+z$ chiarisce come si possano tradurre le differenze (perché $x \neq y \neq z$ come $7 \neq 4 \neq 3$) in una somiglianza, resa proprio dal segno di uguaglianza che definisce l'equazione. Così il segno = dimostra una relazione di reciprocità col segno opposto, quello di disuguaglianza (\neq), che implica paradossalmente un'identità, "dal momento che ogni relazione stabilisce un legame tra due cose" (Matte Blanco 1975/2000: 399): la disuguaglianza $x \neq y$ significa una

1 Cfr. Deleuze (1969) sull'ambivalenza della "logica del senso".

relazione (un'associazione) tra x e y o, in altri termini, la loro compartecipazione a un discorso comune; il nostro pensiero considera x e y separati, ma proprio la relazione di disuguaglianza (il segno \neq) li riunisce perché ci consente di pensarli in uno spazio comune o, ancora, ci consente di dedurne le differenze perché ci consente di confrontare qualche elemento comune a entrambi (come, per es., possiamo dire che una persona è diversa da un'altra perché le due persone hanno occhi diversi, labbra diverse, ecc., ma entrambe hanno occhi, labbra, ecc.). Ogni disuguaglianza implica una qualche forma di comunanza: un sasso è diverso da un gatto, ma non assolutamente perché il sasso e il gatto hanno qualcosa in comune, come dimostra la fisica delle particelle e come credono il pensiero magico e le filosofie orientali.

I segni operativi (+, −, ×, /) rappresentano relazioni di congiunzione (+) o disgiunzione (−), di composizione (×) o frammentazione (/): più in generale, i segni operativi rappresentano due gradi diversi della diade *continuità/interruzione*, che è un archetipo dell'immaginario umano, insieme alle diadi *simmetria/asimmetria* e *ordine/confusione*, come hanno spiegato Gilbert Durand (1963/2009) e Matte Blanco (1975/2000). I segni operativi complessi + e ×, ciascuno tracciato con *due* tratti, indicano l'addizione (+) e la moltiplicazione (×). La moltiplicazione significa la reiterazione dell'addizione ruotando di 45° il segno + e introduce la possibilità di confondere cose diverse: se si possono sommare tra loro solo cose simili, come un mucchio di mele, si può assegnare una certa quantità di una certa cosa a individui diversi, come 2 penne a ciascun bambino di una classe composta da 15 bambini per un totale di 30 penne. Invece, i segni operativi essenziali − e /, ciascuno tracciato con *un solo* tratto, indicano la sottrazione (−) e la divisione (/). La divisione significa la reiterazione della sottrazione ruotando di 45° il segno − che, parimenti alla moltiplicazione, introduce la possibilità di confondere la diversità (frammentando una certa cosa in parti diverse). Ciascuno degli operatori di moltiplicazione e divisione presenta tre varianti: la croce (×), il punto medio (· in cui si incontrano i due bracci della croce), e la giustapposizione senza segni (xy) per la moltiplicazione²; la sbarra (/), i due punti (:) e i due punti intercalati da un tratto (÷) per la divisione.

Il fatto che il segno primario della divisione sia l'unico segno asimmetrico, che suggerisce un'immagine di squilibrio connaturato alla sbarra di pesatura (/), sottolinea come esso rappresenti l'*unica* operazione che può restituire valori non interi (per es., $\frac{7}{2} = 3,5$), cioè valori asimmetrici. Proprio lo studio dei rapporti frazionari (asimmetrici) tra i numeri ha connotato lo sviluppo del pensiero razionale, della *ratio* (lat., 'rapporto', 'relazione', 'calcolo'): il principio di asimmetria ha consentito di svelare e di ordinare le regole confuse della simmetria, sottintesa a tutti i dipoli e sottintesa alla struttura del mondo e del pensiero stesso, come ha spiegato Matte Blanco (1975/2000). Inoltre, il coefficiente angolare associato a un'inclinazione di 45° (assunta dalla sbarra divisoria /) è dato dal numero 1. Per es., l'equazione $x = y$ implica i coefficienti angolari $1x = 1y$, significando che la variabile x assume sempre lo stesso valore della variabile y (e viceversa), e in un piano cartesiano l'equazione si rappresenta come una retta inclinata positivamente a 45° passante per l'intersezione degli assi³. Così il numero 1 rappresenta il concetto di rotazione, oltretutto il concetto di insieme pieno; e si contrappone ai concetti fondamentali di insieme vuoto (0) e di stasi (assenza di rotazione). Il concetto di rotazione significa l'espansione di una forza, come la moltiplicazione espande gli effetti dell'addizione. L'interesse crescente, nel corso dell'evoluzione, per lo studio della rotazione e della rivoluzione dei pianeti e delle particelle – lo studio dei loro *momenti angolari* e dei rotori dei campi vettoriali – potrebbe dipendere proprio da questa valenza simbolica – di forza – che l'idea della circolarità porta con

2 L'app. 4, nella parte riguardante Maxwell, chiarisce il significato di questi tre segni alternativi nella matematica evoluta.

3 Per es., l'equazione $1x = 2y$ significa che la variabile x assume sempre il doppio del valore assunto dalla variabile y : in un piano cartesiano quell'equazione si rappresenta come una retta inclinata positivamente a 63,43° passante per l'intersezione degli assi.

sé, soprattutto alla luce del fatto che i quattro segni operativi (+, −, ×, /) si sono acclimatati nel lessico matematico dopo lo sviluppo della trigonometria e del calcolo infinitesimale, dal XVIII sec. in poi (cfr. Cajori 1929: 336-340), cristallizzando *simbolicamente* la struttura dualista del pensiero.

Il linguaggio matematico, tramite pochi segni, consente di sintetizzare discorsi complessi, composti da entità e concetti diversi. Discorsi che riconducono le differenze (con-naturate ai fenomeni osservati) verso l'unità *immanente* dell'uguaglianza implicita in ogni equazione: il segno = implica lo sforzo mentale di pensare l'identità, implicata nel segno, tra elementi diversi, collocati ai lati del segno.

Proprio la struttura elementare della sintassi matematica rievoca il principio elementare delle filosofie arcaiche: il dualismo relativistico di Platone e di Gorgia (in Occidente) e quello delle tradizioni taoista e induista (in Oriente).

Platone sviluppò il *Parmenide* come una dialettica tra le parti del *più giovane* e del *più vecchio*; e nel *Filebo* chiarì che proprio gli operatori matematici basilari (+ e −) si pongono a fondamento dell'infinito come una realtà derivabile direttamente dall'analisi logica del linguaggio:

Pensa innanzitutto se potessi mai concepire un confine per il *più caldo* e per il *più freddo*, oppure se il *più* e il *meno* che sono insiti nella loro genesi, finché vi saranno insiti, impediranno che vi sia una fine: se vi fosse una fine, anche questi due sono finiti [...] Dove quei due si inseriscono [...] rendono il concetto di *maggiore* e di *minore*, e però non ci permettono di quantificare [...] infatti il *più caldo* procede di continuo innanzi e non si ferma, e parimenti il *più freddo*, mentre la quantità sta ferma e non avanza. Dunque, in base a questo ragionamento, il *più caldo*, insieme al suo opposto, sarebbero l'infinito (Platone, *Filebo*).

Gilles Deleuze (1969: 7-10) e Cornelia de Vogel (1986/1990: 247-316) hanno esplicitato la natura dualista della filosofia classica in Occidente, che sviluppa il principio di reciprocità dialettica degli opposti proprio come fa anche la filosofia orientale, secondo cui:

*existence and non-existence give birth the one to (the idea of) the other; that difficulty and ease produce the one (the idea of) the other; that length and shortness fashion out the one the figure of the other; that (the ideas of) height and lowness arise from the contrast of the one with the other; that the musical notes and tones become harmonious through the relation of one with another; and that being before and behind give the idea of one following another*⁴ (Dàodéjīng 2).

Il pensiero polarizzante contrappone membri necessariamente diversi e complementari, sintetizzati graficamente dal *tàijítú* (dal cin. *tú*, 'simbolo', 'diagramma', e *tàijí*, 'supremo'), il simbolo ☯: così il colore bianco significa solo in contrapposizione col nero (altrimenti ci sarebbe solo uno spazio vuoto, né bianco né nero); come l'unità indifferenziata e (solo) intuibile si relaziona con le distinzioni imposte dalla percezione sensoriale; così il membro destro (rispetto al segno =) di un'equazione acquisisce un senso matematico solo in contrapposizione col membro sinistro; come le incognite di un problema si definiscono elaborando i dati; come ogni operazione trova sempre una relazione di continuità con un'altra operazione, omologa (la moltiplicazione reitera una somma, mentre la divisione reitera una sottrazione) o contraria (la somma si contrappone alla sottrazione, come la divisione si contrappone alla moltiplicazione, come la potenza si contrappone alla radice); così la rappresentazione grafica dei modelli matematici significa in funzione della relazione tra l'asse verticale (ordinate, *latitudo*) contrapposto a quello orizzontale (ascisse, *longitudo*)

4 Trad. mia dall'ingl.: "essere e non-essere si danno vita reciprocamente; difficile e facile si producono reciprocamente; lungo e corto foggiano le figure reciproche; alto e basso sorgono dal contrasto reciproco; le note e i toni musicali si armonizzano nella relazione reciproca; e l'avanti e il dietro danno l'idea di avvicinarsi reciprocamente".

del piano cartesiano⁵. Il “bilanciamento degli opposti” che caratterizza il *Dao* cinese – l’equilibrio – riecheggia proprio nel segno di uguaglianza (=): esso domina la gran parte delle espressioni matematiche che conferiscono alla scienza la sua autorevolezza “sacra” ed “esoterica”, inaccessibile ai “profani”. Il segno = (simmetrico e asimmetrico allo stesso tempo) significa una relazione di causalità descritta in termini funzionali con una lingua sintetica e innaturale, codificata per convenzioni culturali e accessibile solo a chi venga iniziato al suo utilizzo. La scienza, del resto, ha maturato la propria identità – e forse la propria autorevolezza – proprio dal momento in cui, nel XVIII sec., ha abbandonato la libertà della verbalizzazione classica (legata alla retorica e alla maieutica) per adottare, invece, la rigidità formale del linguaggio algebrico.

Un’equazione significa – rappresenta – un ragionamento o descrive una situazione; ma un’equazione può anche subire trasformazioni formali, che introducono significati nuovi nel modello originario, perciò nel ragionamento stesso. La sofisticazione o l’eleganza di molte equazioni che rappresentano i traguardi scientifici della postmodernità derivano da “giochi linguistici” giocati secondo le regole della matematica: derivano da serie di trasformazioni formali di certe equazioni; e capita che gli autori stessi di quelle equazioni celebri ignorino il significato delle trasformazioni e delle teorie implicate in esse, soprattutto *prima* di formalizzarle, come ha spiegato il fisico Paul A.M. Dirac (1983):

Dirac ritiene che il lavoro teorico consista nel costruire un apparato formale fatto di simboli astratti, ai quali all’inizio non viene attribuito alcun significato, e che solo in un secondo momento sono messi in corrispondenza con entità fisiche (Barone 2019: 28).

Trasformare la rappresentazione matematica – la rappresentazione formale – dei pensieri produce significati nuovi, benché la trasformazione conservi anche i significati vecchi. Una logica che l’*Yijing* e il *Dàodéjīng*, come anche Platone, Eraclito e Pitagora, affermavano più di duemila anni fa: la dialettica consente di costruire un pensiero nuovo da un pensiero vecchio – una soluzione da un dato – perché la forma(lizzazione) contribuisce alla sostanza; il contenitore qualifica il contenuto; la cornice denota l’immagine. La formulazione matematica di un concetto svolge una funzione duplice: per un verso, riduce un pensiero ad uno schema informativo (profondo), che persiste in ogni trasformazione (superficiale) dell’enunciazione; per altro verso, estrinseca i significati intrinseci di ogni enunciato prodotto tramite una trasformazione dell’enunciato precedente. La linguistica generativo-trasformativa di Noam Chomsky (1957; 1965) – che ha intrecciato funzionalmente la matematica con la psicologia – si rivela particolarmente adatta a rappresentare le regole del pensiero umano, come hanno dimostrato Bandler/Grinder (1975; 1976).

1.2. Matematica naturale

Il fatto che il linguaggio consenta di accedere alla conoscenza – di inventarla, di svelarla e di spiegarla, oltretutto trasmetterla – ricorre nello sviluppo delle culture come una costante universale, cioè come una caratteristica innata ed imprescindibile dell’evoluzione umana. Lo dimostra la biologia stessa: il codice genetico evolve e trasmette nel tempo le informazioni biologiche di ogni essere vivente perché il codice genetico è un linguaggio, col suo vocabolario e la sua grammatica, con la sua punteggiatura e la sua sintassi, come hanno rilevato Asimov (1962/1968), Nirenberger *et al.* (1963), Jacob (1974), Makovskiy (1992) e Ratner (2002: 203). E anche il codice genetico, come ogni altro codice, è riconducibile a una struttura fondamentalmente binaria – quella della trasmissione (1) o dell’interruzione

⁵ Già Nicole Oresme (1350 ca.) aveva sviluppato uno strumento analitico del tutto simile a quello cartesiano.

(0) di un segnale – nonostante il codice genetico dimostri una complessità superficiale notevole.

Il codice genetico è un testo: una serie di istruzioni per il funzionamento di un organismo; e la lunghezza del testo è proporzionale alla grandezza e alla complessità dell'organismo stesso. Il testo genetico si compone di elementi lessicali legati da regole sintattiche. Watson/Crick (1953) rivelarono la struttura del famoso “doppio filamento” di *DNA* (*deoxyribose nucleic acid*, ingl., ‘acido desossiribonucleico’), che aggrega 64 combinazioni (triplette) di quattro *nucleotidi*: *A* (adenosina), *T* (timidina), *C* (citidina) e *G* (guanosina) sono le 4 lettere che esauriscono l'alfabeto del codice. Ogni nucleotide è il composto di uno zucchero (il desossiribosio) con una base azotata (la purina o la pirimidina): la purina forma la *G* (con una molecola di ossigeno) e la *A* (con una molecola di ammina), mentre la pirimidina forma la *T* (con una molecola di ossigeno) e la *C* (con una molecola di ammina). Ogni “parola” del codice genetico si compone di sole 3 lettere, cosicché il codice combina $4^3 = 64$ triplette (*AAA*, *AAT*, *AAC*... *GGG*), dette *codoni* (‘elementi del codice’). I codoni sviluppano tutto il testo del codice genetico lungo un filamento. I nucleotidi di un secondo filamento si legano a quelli del primo tramite molecole di idrogeno, rispettando una regola (sintattica) di accoppiamento, semplice e rigida: *A+T* tramite 2 legami di idrogeno; *C+G* tramite 3 legami di idrogeno.

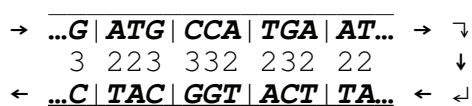


Fig. 1.1. Esempio schematico del doppio filamento di DNA.

Lo stralcio del primo filamento (in alto) della fig. 1.1 esemplifica l'accoppiamento dei due filamenti tramite i legami di idrogeno (2 o 3 nella riga centrale) e individua 12 nucleotidi (sulla riga in alto e su quella in basso), da leggersi nel verso specificato dalle frecce. I 12 nucleotidi del primo filamento (in alto) potrebbero individuare 4 codoni (*GAT* | *GCC* | *ATG* | *AAT*), ma il testo si legge cominciando dal codone *ATG* (perciò la *G* iniziale del filamento superiore va considerata come l'ultimo nucleotide di un altro codone) perché il codone *ATG* ha un significato particolare: ordina al ribosoma (un complesso molecolare) di *iniziare* a “tradurre” il codice genetico in proteine. Il codice genetico fornisce anche codoni di *arresto* (*TAG*, *TAA* e *TGA*), cosicché il ribosoma elabori solo gli intervalli di codice compresi tra un codone d'inizio e uno di arresto, ignorando il “DNA non codificante” compreso tra i codoni di arresto e di inizio.

Stent (1969), Schönberger (1973/1992) e Hu/Petoukhov/Petoukhova (2017) hanno rilevato una simmetria completa tra la struttura del *DNA* e quella dell'*Yìjīng*. Il “codice” cinese dei mutamenti è scritto con 2 soli caratteri, giustapposti verticalmente in serie di 6 caratteri (come quelli nella fig. 1.2): la linea spezzata (– –) *yīn* e la linea continua (—) *yáng*, che Leibniz (1703) aveva interpretato rispettivamente come le cifre 0 (il vuoto) e 1 (il pieno) del codice binario matematico.

Una lettura coordinata dei testi appena citati consente di comprendere come i caratteri *yīn* e *yáng* possano equivalere rispettivamente alla purina (– –) e alla pirimidina (—), sul fronte delle basi azotate; all'ossigeno (O, – –) e all'ammina (NH₂, —), sul fronte dei legami molecolari. Perciò i quattro nucleotidi possono corrispondere alle 4 coppie polari riasunte dalla tab. 1.1.

		Ossigeno	Ammina
		--	—
Purina --		G ==	A ==
	Pirimidina —	T ==	C ==

Tab. 1.1. I nucleotidi e l'Yìjīng.

Ogni codone del *DNA* (una combinazione di 3 nucleotidi) forma un esagramma dell'*Yìjīng* (una combinazione di 6 linee *yīn* o *yang*), se si raccordano i due “testi” usando la tab. 1.1; per es., l'esagramma di sinistra della fig. 1.2 (*cùi*, cin., ‘riunire’, ‘ammassare’) coincide col nucleotide *ATG* (inizio) e quello di destra (*gèn*, cin., ‘arresto’, ‘montagna’) coincide col nucleotide *TAG* (arresto).

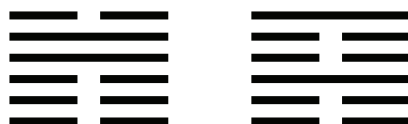


Fig. 1.2. Esagrammi *cùi* (ATG) e *gèn* (TAG).

Il sistema combinatorio restituisce un totale di 64 codoni e 64 esagrammi, che si possono raccordare in una tabella complessiva, come hanno fatto Schönberger (1973/1992: 77-78) e Hu/Petoukhov/Petoukhova (2017). Così il codice (la legge) dei mutamenti cinese sembra somigliare al codice (al programma) di mutazione del genoma. Entrambi rappresentano un linguaggio essenziale e universale, come quello binario costruito da Leibniz (1703) per ottenere una matematica pura, poi sviluppato da Boole (1847; 1854) per rappresentare una logica assoluta, e poi ancora applicato da Turing (1950) alla programmazione di macchine intelligenti, e infine esteso da Schumacher (1995) all'informatica quantistica, che trasforma il *bit* (dall'ingl. *binary digit*, ‘cifra binaria’, l'unità informativa basilare, con valore 0 o 1 alternativi) in *qubit* (l'unità informativa quantistica, con valore 0 e 1 contemporaneamente).

Ma, se da una parte la logica binaria (o dualista) sembra caratterizzare lo sviluppo del pensiero e della cultura, d'altra parte un'interpretazione taoista del codice genetico sembra forzare il nesso tra linguaggio naturale e linguaggio scientifico.

L'*Yìjīng* è un testo dalle origini oscure: di datazione incerta e di autore anonimo; attribuito tradizionalmente alla figura mitologica di Fú Xī, un sovrano zoomorfo del XXX-XXIX sec. a.C., rappresentato con quattro occhi e una coda di serpente sempre intrecciata a quella di sua sorella Nüwa; perciò una fonte immaginaria anziché storica. Alla raccolta originaria dei 64 esagrammi seguì l'attribuzione arbitraria dei relativi significati oracolari; poi seguirono vari commentari di molti autori – anche anonimi – avvicendatisi nel corso dei secoli. La fonte primaria del testo sono i 64 esagrammi binari, anziché gli oracoli e i commenti: perciò i tentativi di attribuire il significato di un esagramma a ciascun codone di *DNA* sembrano fallimentari, a cominciare dall'attribuzione – assolutamente arbitraria – dei bigrammi ai nucleotidi (come nella tab. 1.1). Invece, sembrerebbe più appropriato limitarsi a riconoscere che l'insieme degli esagrammi può rappresentare esattamente l'insieme dei codoni, e che si possono attribuire i segni binari, composti da elementi *yīn/yang*, alle caratteristiche binarie dei nucleotidi, composti dalle diadi purina/pirimidina e ossigeno/ammina, ricalcando la “codificazione a barre” del *DNA* suggerita da Jinbo/Kato/Ito (2011). Questa constatazione ribadisce l'essenza dualista dell'“analisi logica” della cultura

o, in altri termini, il suo sistematico procedimento binario di significazione. E, se è vero che le caratteristiche chimiche del *DNA* coincidono con i bigrammi (come nella tab. 1.1), è altrettanto vero che i significati oracolari e i commenti degli esagrammi differiscono assolutamente dalle funzioni biologiche dei codoni; eccezione fatta per l'esagramma *gèn* (cin., 'arresto', 'montagna'), che forzatamente sembra coincidere col codone di arresto *TAG*; ma basta invertire l'assegnazione del dipolo *yin/yang* della tab. 1.1 al dipolo purina/pirimidina o al dipolo ossigeno/ammina oppure basta giustapporre i bigrammi dal basso verso l'alto (anziché dall'alto verso il basso) per perdere quella coincidenza che prima sembrava sorprendente; per non commentare poi l'assenza di simmetrie significative tra gli oracoli dell'*Yìjīng* e gli altri due codoni di arresto (*TAA* e *TGA*) e quello di inizio (*ATG*).

Invece, i due segni dello *yin* (— —) e dello *yang* (—) possono rappresentare il dipolo *congiunzione/disgiunzione* o *unione/separazione* (+ e -) oppure *composizione/divisione* (× e /) o, ancora, *continuità/interruzione* e *analogico/digitale*; cosicché l'unione (—) significhi una "forma" alternativa della frammentazione (— —) e viceversa: ciascuna forma deriva dall'altra ed entrambe dipendono dalla medesima sostanza. La legge del mutamento continuo – frattale – stabilisce che né *yin* né *yang* hanno un significato individuale, ma assumono senso nella loro "relatività", nella loro relazione reciproca. La quantizzazione operata dalla costante di Planck (1900) avrebbe stabilito all'incirca la stessa cosa: la continuità di una radiazione elettromagnetica, come anche la complessità del principio unitario taoista, risulta dalla composizione di pacchetti discreti e minimali, indivisibili come *yin* e *yang*.



Fig. 1.3. *Insieme di Cantor* (1883).

La polarizzazione *unione/separazione* è rappresentata anche dall'*insieme di Cantor* (1883), detto anche *polvere di Cantor*: una funzione matematica frattale che prevede una serie infinita di sottrazioni simmetriche, a cominciare da $1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$ (la prima riga della fig. 1.3 rappresenta l'unità, 1, mentre la seconda riga rappresenta $\frac{2}{3}$ della prima riga) e così via (la terza riga rappresenta $\frac{4}{9} = \frac{6}{9} - \frac{2}{9}$ e la quinta rappresenta $\frac{8}{27} = \frac{12}{27} - \frac{4}{27}$). La serie di sottrazioni (dalla prima, $n = 1$ all'ultima, tendenzialmente $n = \infty$) restituisce un risultato che converge verso lo zero: $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{2}{3}\right)^n \approx 0$ (il segno \approx significa 'simile' o 'quasi uguale') perché ogni "ciclo" (della serie infinita di n sottrazioni) sottrae alla differenza (restituita dalla sottrazione precedente) un valore più piccolo di quello sottratto al ciclo precedente; e la ripetizione infinita di sottrazioni fa sì che cumulativamente si sottragga un'unità complessiva che *tende* a coincidere con l'unità iniziale, restituendo quasi zero ($0 \approx 1 - 0,999999\dots$). Se si potesse espandere la fig. 1.3, il bianco (il vuoto) occuperebbe sempre più spazio rispetto al nero (il pieno); ma sarebbe vero anche il contrario, se al vuoto bianco si aggiungesse sempre più "polvere" nera.

Ogni coppia di righe della fig. 1.3 rappresenta la relazione *yin/yang* di un bigramma (*T* nella tab. 1.1) e la riproduce su scala più piccola secondo un modello frattale (cfr. il cap. 5); e ogni ciclo di frazionamento considera ciascun lembo dello *yin* (— —) precedente come una nuova unità *yang* (—) autonoma. Il processo (d'ingrandimento o di riduzione) ripetuto all'infinito trasforma l'unità iniziale (la prima riga) in nulla e viceversa, cosicché gli opposti tendono a coincidere: $0 \leftrightarrow 1$; lo zero può definire l'uno e l'uno può definire lo zero.

1.3. Economia linguistica

La storia della conoscenza scientifica è la storia della trasformazione dei linguaggi o, più precisamente, è la storia della traduzione dei linguaggi scientifici in quelli umanistici e viceversa. Il linguaggio – con i suoi segni e con le sue regole essenziali – sviluppa ogni sapere: le tassonomie, le classificazioni, le definizioni e, insomma, l'ordine in genere sono artifici intellettuali che appaiono naturali, secondo Serge Moscovici (1972), perché si fondano sulla regola universale dell'opposizione polare; una regola che Lévi-Strauss (1958) ha considerato fondativa delle strutture della parentela e, per estensione, della società. Le equazioni, che formano i testi del linguaggio scientifico, operano su quello stesso modello (paradossale, che fa sembrare naturale ciò che è culturale e viceversa) perché la matematica individua e contrappone insiemi logici, sfruttando principalmente l'ambiguità del segno di uguaglianza (=): un segno utilizzato per definire identici due elementi apparentemente diversi (cfr. il cap. 1.1). Perciò la struttura stessa del linguaggio – polare e oppositiva – si rivela responsabile della struttura della conoscenza.

L'economia del linguaggio – la serie di regole con cui si amministra la trasmissione del sapere – è la caratteristica evolutiva della conoscenza umana: sin dallo stoicismo greco, ogni scuola filosofica ha prescritto regole descrittive e argomentative, come hanno fatto anche tutte le magie e tutte le religioni, con la loro esigenza di codificare ogni comportamento in formule, riti e rituali; e infine anche le scienze hanno organizzato codici, codificazioni e strutture linguistiche proprie, spesso inaccessibili ai profani.

Acquisire un linguaggio significa acquisire una *personalità* (dal lat. *per*, 'attraverso', e *sonare*, 'produrre suono') mediante cui distinguersi nella complessità del mondo, facendo emergere la propria identità. Il linguaggio matematico è l'espressione più significativa dell'economia linguistica adottata dai saperi scientifici, anzi: è la loro caratteristica distintiva e ha connotato tutta la (superiorità asserita della) cultura occidentale, improntandola alla logica binaria che contraddistingue la matematica (cfr. il cap. 1.1). Ma sembra quasi paradossale rilevare che la scienza economica abbia approfittato tardivamente della possibilità di costituirsi come soggetto parlante: William Stanley Jevons (1871) applicò per primo – insieme a Léon Walras (1883) – il rigore della formalizzazione matematica all'analisi dei fatti economici, seguendo il suggerimento di Antoine Augustin Cournot (1838). Costui identificò i settori principali dell'economia politica (micro e macro, moneta e politiche economiche) e analizzò anche il problema di un *duopolio*, che esemplifica perfettamente la logica interna adottata dai saperi economici. Un mercato (dell'acqua minerale) è occupato da due soli produttori in competizione, ciascuno dei quali può ottimizzare i propri extraprofitti⁶ prevedendo la scelta ottimale dell'avversario: ogni duopolista dipende dall'altro perché definisce la propria posizione rispetto a quella dell'altro; e l'interpolazione delle scelte migliori di ciascuno (cioè della risposta migliore che ciascuno può dare al comportamento altrui) individua un equilibrio di mercato⁷. L'analogia col dualismo taoista (due poli contrapposti come *yin* e *yang* e un equilibrio che li unifica) forse è solo occasionale, ma consente di osservare la palingenesi di un pensiero che vanta l'esercizio di una razionalità stringente, pur ignorandone la profonda connotazione simbolica e magica. Poco dopo Cournot, Jevons avrebbe formalizzato in termini matematici i concetti di *utilità*, di *processo produttivo* e di *mercato*, rappresentando l'agire umano – e, in sostanza, la società – come un sistema algebrico e razionale, che però rintraccia i suoi simboli nel mondo dell'inconscio e in strutture arcaiche della relazione sociale.

I testi di Cournot, di Jevons e di Walras dimostrano come l'economia discenda dalla filosofia e come l'economia si sia guadagnata la qualifica di *scienza* solo dopo aver adottato

6 La scienza economica considera il *profitto* come la remunerazione del lavoro dell'imprenditore, perciò lo tratta come una componente dei costi; mentre considera l'*extraprofitto* come l'utile conseguito dai ricavi al netto dei costi (che includono il profitto).

7 Cournot (1838) anticipava di fatto l'equilibrio di Nash (1950).

esplicitamente il linguaggio della matematica – come ha rilevato Lionel Robbins (1932) e come ricordano Rossi/Rossi (2013: 12-13 e 149-151) –, per poi adottare i criteri della fisica, come propongono Baaquie (2004), Sinha/Chakraborti/Chakrabarti (2011) e Haven/Khrennikov (2013). Ma proprio l'adozione del linguaggio scientifico ha introdotto l'aspetto più controverso del pensiero economico: il criterio di *equilibrio*, che già l'etimologia latina (*aequus*, 'uguale', composto con *libra*, 'misura di peso', 'bilancia') riconcilia al taosimo cinese; un bilanciamento ineluttabile tra polarità oppostive (*yin* e *yang* come micro e macro, costi e ricavi, investimenti e risparmi, ecc.). Adam Smith (1759) pensava addirittura a una "mano invisibile" capace di equilibrare elementi disomogenei strutturalmente, capace di orientare gli egoismi individuali verso i benefici collettivi: perciò una tendenza implicita all'essere umano e alla struttura della società; una forza indefinita o indefinibile che guida magicamente gli scambi economici.

La matematica ha dato un senso razionale – un ordine – alla logica simmetrica e antinomica tipica dell'inconscio e del pensiero magico: nell'ambito della magia, una cosa qualsiasi sostituisce un'altra cosa qualsiasi in funzione di una convenzione simbolica e arbitraria, poetica, sempre mutevole e ambigua; invece, per la matematica, una cosa ne vale un'altra solo in funzione di una regola (una legge) discreta e immutabile. Il valore di scambio biunivoco ha fondato l'economia di mercato e ha espulso dall'Occidente le economie del dono oblativo e quelle comunitarie (fondate sul valore d'uso e sul valore affettivo), di pari passo al progresso delle discipline scientifiche, cioè assecondando l'associazione empirica dei risultati tecnici ai modelli matematici. Ma quell'*associazione* empirica è un atto fondato sulla logica simbolica della somiglianza.

Le equazioni ('azioni bilanciate') e i segni matematici (principalmente + e – per le due polarità; = per il bilanciamento) hanno giustificato la fiducia riposta dagli economisti in "leggi" (altra parola che ricorre spesso tanto nel pensiero orientale classico quanto nel pensiero magico primordiale) apparentemente esoteriche, come quella del moltiplicatore keynesiano, secondo cui la ricchezza di una nazione crescerebbe esponenzialmente, se le famiglie spendessero in consumi quasi tutto il loro reddito, destinando i risparmi agli investimenti delle imprese.

Un paio di esempi chiariscono come l'applicazione del metodo matematico a questioni economiche apparentemente banali possa svelare idee innovative e controintuitive, perciò apparentemente contrastanti col pensiero magico. Si tratta innanzitutto di tradurre un problema in un'equazione; poi di risolvere l'equazione; e infine di tradurre il risultato matematico in un concetto esprimibile verbalmente.

Il primo esempio dimostra come ricavare la regola aurea microeconomica⁸ (apparentemente controintuitiva) secondo cui l'extraprofitto si massimizza quando i ricavi marginali corrispondono ai costi marginali (proprio Cournot aveva introdotto questa logica).

$$[1.1] \quad E = R - C$$

L'eq. 1.1 definisce l'*extraprofitto* (E) come la differenza tra *ricavi* (R)⁹ e *costi* (C)¹⁰: un imprenditore matura un extraprofitto ($+E$), se incassa più di quanto spende ($R > C$) per produrre il bene o il servizio che vende; viceversa, subisce una perdita ($-E$), se spende più

8 Robbins (1932: 15) spiegava che la microeconomia studia la relazione tra scopi individuali e mezzi scarsi applicabili ad usi alternativi.

9 $R = PQ$ (cfr. l'eq. 6.3) significa che il ricavo (R) si calcola moltiplicando il prezzo unitario di vendita (P) per la quantità finale di tutte le unità vendute (Q): incasso 60€, se vendo 20 gelati al prezzo unitario di 3€.

10 I costi si distinguono tra *fissi*, *variabili* e *totali* (fissi+variabili), e si definiscono come una funzione di capitale e lavoro: $C = rK + wL$ significa che i costi totali (C) dipendono da quanto capitale (K) viene acquistato a un certo prezzo unitario (r) e da quanto lavoro (L) viene retribuito a un certo salario unitario (w) per produrre una certa quantità (Q) di beni o servizi.

di quanto incassa ($R < C$). Perciò sembrerebbe logico pensare che l'imprenditore debba vendere il più possibile – ricavando il più possibile – per ottenere l'extraprofitto massimo. Invece l'economica marginalista fornisce una risposta diversa, in considerazione di altre due definizioni:

$$[1.2] \quad R' = \frac{\Delta R}{\Delta Q}$$

$$[1.3] \quad C' = \frac{\Delta C}{\Delta Q}$$

L'eq. 1.2 definisce i *ricavi marginali* (R') come il rapporto tra *quanto* variano i ricavi (ΔR) *quando* varia la quantità venduta (ΔQ)¹¹: l'operazione di divisione riduce ΔQ a 1 (mentre ΔR assume un certo valore, R'); perciò l'eq. 1.2 definisce il ricavo marginale (R') come il ricavo incrementale ($+\Delta R$) per ogni (1) unità aggiuntiva ($+\Delta Q$) di bene o servizio venduto. Lo stesso dicasi per l'eq. 1.3, che definisce il costo marginale (C') come il costo incrementale ($+\Delta C$) per ogni unità aggiuntiva ($+\Delta Q$) di bene o servizio prodotto (affinché sia venduto).

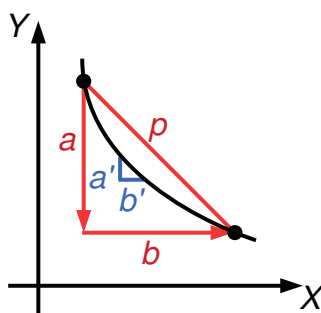


Fig. 1.4. Rappresentazione delle variazioni di una funzione.

Il *calcolo infinitesimale* consente di misurare variazioni minime (microscopiche) dell'andamento di una funzione, come quella rappresentata dalla curva nera inclinata negativamente nella fig. 1.4, che esprime una relazione inversamente proporzionale tra le due variabili collocate sugli assi cartesiani: X cresce al diminuire di Y . Passare da un punto della curva (il vertice in alto a sinistra del triangolo rosso) a un altro punto (il vertice in basso a destra) implica ridurre il valore ($-a$) misurato sull'asse delle ordinate (Y) per incrementare il valore ($+b$) misurato sull'asse delle ascisse (X): perciò la curva misura una certa pendenza tra quei due punti estremi della curva. Più precisamente, la pendenza è misurata dall'angolo compreso tra l'ipotenusa (p) e uno dei due cateti (a o b). Una riduzione delle variazioni di riferimento (come a' e b') consente di calcolare una pendenza più precisa (l'ipotenusa p' del triangolo più piccolo in funzione di uno dei due cateti a' o b'); e *far tendere a zero* una delle due variazioni consente di ridurre il triangolo a un *punto*, calcolando così un'ipotenusa (p'') ancora più precisa poiché *infinitesima*; passando così da una scala macroscopica (per es., quella planetaria) ad una microscopia (per es., quella particellare). La notazione $\lim_{b \rightarrow 0} \frac{a}{b} = p$ si legge come “ p è il valore di a diviso b , col limite di b che

11 La variazione (Δ) di una grandezza qualsiasi (X) si misura come $\Delta X = X_1 - X_0$, cioè la differenza tra il valore di quella variabile in un certo momento (X_1) e il valore di quella stessa variabile nel momento precedente (X_0). Perciò l'eq. 1.2 si potrebbe riscrivere: $R' = \frac{R_1 - R_0}{Q_1 - Q_0}$.

tende a 0"; e significa appunto calcolare la pendenza dell'ipotenusa (p) quando la base del triangolo misura una lunghezza che *tende al limite zero*, senza raggiungere mai lo zero. L'eq. 1.2 (come anche la 1.3) calcola ΔR in funzione di $\Delta Q = 1$, ma potrebbe anche precisare ΔR su scala infinitesimale: la formulazione $\lim_{\delta Q \rightarrow 0} \frac{\delta R}{\delta Q} = R'$ indica variazioni millesimali (δ), anziché variazioni notevoli (Δ); mentre la *derivata parziale* (∂ , qui usata dal cap. 4 in poi) indica il calcolo di variazioni minime (come δ), considerando costanti tutti gli altri elementi di una funzione più complessa di quella esemplificata qui sopra.

$$[1.4] \quad E' = R' - C'$$

$$[1.5] \quad E' = \frac{\Delta R}{\Delta Q} - \frac{\Delta C}{\Delta Q}$$

L'eq. 1.4 e la 1.5 definiscono l'extraprofitto marginale (E') come la differenza tra i ricavi marginali (R') e i costi marginali (C'), sostituendo i membri sinistri (rispetto al segno =) delle eq.ni 1.2 e 1.3 ai membri destri della 1.1. Perciò l'eq. 1.4 e la 1.5 indicano quanto varia l'extraprofitto di un'impresa per ogni unità incrementale (ΔQ) di bene o servizio prodotta (ΔC) e venduta (ΔR).

L'eq. 1.5 descrive la *derivata prima* della 1.1 (come la 1.2 e la 1.3 sono derivate prime delle rispettive equazioni che definiscono ricavi e costi): perciò si usa l'apice ('primo') in testa alle variabili per indicare le grandezze marginali. L'eq. 1.5 descrive come si comporta la funzione 1.1: descrive *come varia* l'extraprofitto (E') al variare (Δ) dei ricavi (R) e dei costi (C). Il *teorema di Fermat sui punti stazionari*¹² stabilisce che una funzione individua il suo valore massimo (o il suo minimo) quando la sua derivata prima si annulla. Perciò l'extraprofitto massimo si ha quando:

$$[1.6] \quad E' = 0$$

$$[1.7] \quad R' - C' = 0$$

$$[1.8] \quad R' = C'$$

L'eq. 1.6 esprime la condizione di massimizzazione dell'extraprofitto in ossequio al teorema di Fermat; la 1.7 sostituisce il membro destro della 1.4 al membro sinistro della 1.6; e la 1.8 riscrive la 1.7, spostando i costi marginali (C') dal membro sinistro al membro destro della 1.7, cambiando il segno “-” in “+”¹³.

Le formalità e le regole matematiche (i passaggi dall'eq. 1.1 alla 1.8) impongono una soluzione di equilibrio apparentemente controintuitiva: l'extraprofitto (E) potrebbe *ancora* crescere fino al suo valore massimo, benché i ricavi marginali già superino i costi marginali. I ricavi marginali diminuiscono all'aumentare della quantità venduta perché la *legge*

12 Pierre de Fermat evitò di pubblicare le proprie idee, perciò è impossibile datare esattamente il teorema sui punti stazionari (*Methodus ad disquisendam maximam et minimam*), pubblicato postumo dal figlio, Samuel Fermat (1679); ma Lai (2008) ha rintracciato l'idea in una lettera del 1638 che Fermat scrisse a Marin Mersenne.

13 La regola che impone di cambiare il segno di addizione in quello di sottrazione (e viceversa) quando si trasferiscono le grandezze da una parte all'altra del segno = dipende dalla scelta di sottrarre una grandezza dal membro di un versante, che impone di compiere la stessa operazione anche sul membro al versante opposto per conservare le proprietà della relazione tra i due membri. Per es., l'equazione $x = y+z$ stabilisce che il valore x dipende dalla somma $y+z$ (come $10 = 4+6$); y può sparire dal membro destro solo sottraendo y da entrambi i membri ($x-y = y+z-y$ restituisce $x-y = z$ oppure $10-4 = 4+6-4$ restituisce $10-4 = 6$), altrimenti si otterrebbe un risultato incoerente con l'identità iniziale, se si sottraesse y a un membro solo ($x = y+z-y$ restituirebbe $x = z$ oppure $10 = 4+6-4$ restituirebbe $10 = 6$).

della domanda rileva che la quantità venduta aumenta solo se diminuisce il prezzo di vendita di un'unità di bene o servizio; mentre i costi marginali crescono perché ogni unità aggiuntiva prodotta richiede l'acquisto di fattori produttivi incrementali. Un'unità incrementale di bene venduto (ΔQ) incrementa sempre meno i ricavi totali (R) perché il prezzo unitario (P) diminuisce; ma ΔQ incrementa sempre più i costi totali (C); cosicché l'extraprofitto è massimo quando la quantità totale dovuta all'incremento (ΔQ) bilancia i costi marginali della produzione con i ricavi marginali della vendita ($R' = C$). L'eccesso di una variabile marginale sull'altra indurrebbe uno squilibrio, una soluzione subottimale, proprio come farebbe un eccesso di *yin* rispetto allo *yang* (o viceversa). Questo ragionamento sui ricavi servirà per comprendere il cap. 6.

L'evidenza matematica associa l'uguaglianza delle derivate dei costi e dei ricavi all'annullamento della derivata dell'extraprofitto e quindi alla massimizzazione dell'extraprofitto: così l'illuminismo ha imposto agli imprenditori la logica – più tardi detta capitalista – della massimizzazione dell'extraprofitto, laddove le società estranee a questa struttura del pensiero, invece, praticavano anche economie del dono e comunitarie¹⁴. Ma proprio lo sviluppo della stessa logica matematica dovrebbe ricondurre la logica economica a forme di mercato non-capitaliste, come spiegato al cap. 6.

L'altro esempio tratta un modello macroeconomico¹⁵ in *forma strutturale* che descrive la ricchezza di una nazione:

$$[1.9] \quad Y = C + I$$

L'eq. 1.9 definisce il reddito nazionale (Y) come l'insieme di quanto consumano (C) le famiglie e di quanto investono (I) le imprese; rappresenta un modello semplificato, che esclude il settore pubblico e quello estero, ma basta per comprendere la logica dell'algebra economica.

$$[1.10] \quad C = cY$$

L'eq. 1.10¹⁶ precisa che il volume dei consumi privati (C) rappresenta una certa percentuale (c) del reddito nazionale (Y)¹⁷; una percentuale detta *propensione marginale al consumo* che assume valori compresi tra 0 (0%) e 1 (100%): la popolazione consuma tra lo 0% e il 100% del reddito nazionale.

$$[1.11] \quad Y = cY + I$$

L'eq. 1.11 riscrive la 1.9, sostituendo il membro destro della 1.10 (cY) al consumo (C) nella 1.9; e può assumere una *forma ridotta*, che esplicita le variabili ridondanti (in questo caso solo la Y) al membro destro e al membro sinistro. La forma ridotta si ottiene eseguendo alcune trasformazioni algebriche:

14 Anche nel mondo romano gli imperatori elargivano periodicamente emolumenti al popolo e offrivano *panem et circenses* (lat., 'nutrimento e giochi') per lunghi periodi di festa, come nelle società arcaiche studiate da Mauss (1924a), da Clastres (1997) e da Staid (2015) i capi di un gruppo avevano la responsabilità di elargire beni agli altri membri o addirittura di distruggere le proprie ricchezze, col rito del *potlach*, per riparare gli squilibri sociali.

15 La macroeconomia studia gli aggregati economici (solitamente famiglie, imprese, settore pubblico e settore estero) che indicano come una nazione distribuisce il proprio reddito e la propria produzione tra usi alternativi rispetto ai mezzi a sua disposizione.

16 L'eq. 1.10 è una versione semplificata della classica: $C = c_0 + c_1 Y$ dove c_0 rappresenta la componente esogena del consumo, indipendente dal reddito disponibile (Y). La componente c_0 si può trascurare in questa discussione, finalizzata solo a spiegare i meccanismi algebrici dell'economia politica.

17 Il prodotto al membro destro dell'eq. 1.10 si potrebbe scrivere $c \times Y$ oppure $c \cdot Y$, ma è uso comune omettere il segno di moltiplicazione, anche utilizzando le parentesi: $c(Y)$.

$$[1.12] \quad Y - cY = I$$

$$[1.13] \quad Y(1-c) = I$$

Il prodotto cY si sottrae tanto al membro destro quanto al membro sinistro dell'eq. 1.11, riscritta perciò come la 1.12. Y compare due volte al membro sinistro dell'eq. 1.12, perciò la 1.13 lo "raccolge a fattore comune": scrivere $Y(1-c)$ nella 1.13 equivale a scrivere $Y - cY$ nella 1.12 perché moltiplicare Y (fuori dalle parentesi nella 1.13) per 1 (dentro le parentesi nella 1.13) restituisce Y (nella 1.12), e moltiplicare Y (fuori dalle parentesi nella 1.13) per $-c$ (dentro le parentesi nella 1.13) restituisce $-cY$ (nella 1.12).

L'eq. 1.13 trasforma la 1.11, conservandone il significato originario, ma introduce un elemento nuovo: $(1-c)$, la *propensione marginale al risparmio*, che indica il 100% (1) del reddito (Y) diminuito della propensione marginale al consumo ($-c$), riassumendo l'idea secondo cui risparmiare significa non spendere.

$$[1.14] \quad Y = \frac{I}{1-c}$$

$$[1.15] \quad Y = \frac{1}{1-c} I$$

L'eq. 1.4 si scrive dividendo la 1.13 (tanto al membro destro quanto a quello sinistro) per la propensione marginale al risparmio $(1-c)$. L'eq. 1.15 esplicita il *moltiplicatore* ($1/(1-c)$) degli investimenti perché la frazione al membro destro della 1.14 implica che gli investimenti (I) siano moltiplicati per il numeratore (1) della frazione al membro destro della 1.15.

L'eq. 1.15 conserva il significato della 1.13 (che conserva il significato della 1.11 e della 1.9), ma inoltre spiega che il reddito (Y) dipende dagli investimenti (I), sostenuti dai risparmi $(1-c)$ o, meglio, da ciascuna unità di risparmio quando l'operazione di divisione (al membro destro della 1.14) riduce il denominatore $(1-c)$ al valore di 1: ogni unità di propensione marginale al risparmio consente di sostenere un certo volume di investimenti, che determinano il reddito nazionale. Questa interpretazione introduce l'idea controintuitiva secondo cui i risparmi della collettività sostengono gli investimenti effettuati per la produzione nazionale, mentre una persona penserebbe di risparmiare il proprio reddito per sostenere i *propri* consumi futuri imprevisi (sottintendendo il dipolo *individuo/gruppo*).

Inoltre il *moltiplicatore keynesiano*¹⁸ ($k = 1/(1-c)$) assume valori sempre superiori a 1 perché la propensione marginale al consumo è compresa tra lo 0% e il 100% ($0 < c < 1$), cosicché $1/(1-c) = 1/1 = 1$ quando $c = 0$ e, per es., $1/(1-c) = 1/0,5 = 2$ quando $c = 0,5$. Questa osservazione introduce l'altra idea controintuitiva secondo cui il reddito nazionale (Y) cresce al crescere della propensione marginale al consumo (c): i consumi interni arricchiscono una nazione, mentre i consumi esterni (le importazioni) la impoveriscono¹⁹.

18 La variabile k rende onore a John Maynard Keynes (1936/2006: 243-261), che sistematizzò il moltiplicatore nella teoria macroeconomica.

19 La versione completa dell'eq. 1.9 è $Y = C + I + G - T + X - M$, che definisce il reddito nazionale (Y) come l'aggregazione di tre settori: i soggetti privati che consumano (C) e investono (I); il settore pubblico che acquista beni e servizi dai privati (G) e che raccoglie i tributi ($T = tY$); i flussi di moneta provenienti dall'estero come pagamento delle esportazioni (X) e i deflussi destinati all'estero come pagamento delle importazioni ($M = mY$). Perciò la versione completa dell'eq. 1.14 esplicita un moltiplicatore complesso, dato dalle propensioni marginali al consumo (c), alla tassazione (t) e alle importazioni (m): $Y = \frac{I+G+X}{1-c-t+m}$, secondo cui un aumento della propensione alle importazioni (m) o un aumento dell'aliquota tributaria (t) contrae l'effetto del moltiplicatore perché ne accresce il denominatore.

L'eq. 1.14 e la 1.15 introducono una divisione che significa un concetto nuovo nella definizione del reddito nazionale: introducono una forma nuova del discorso originario. I passaggi algebrici che riformulano l'eq. 1.9, fino alla 1.15, consentono di sviluppare un ragionamento complesso, che nasce da due osservazioni strutturali (l'eq. 1.9 e la 1.10). Le trasformazioni formali rispettano regole semplici, che semplificano lo sviluppo di ragionamenti complessi; mentre la traduzione dei risultati algebrici (come quello dell'eq. 1.15) in concetti (economici in questo caso) estrae significati profondi, soprattutto quando la traduzione riguarda elementi emergenti, come il moltiplicatore $(1-c)$ dell'eq. 1.13. La modellazione matematica fornisce risultati che vanno interpretati concettualmente (filosoficamente); e a volte (soprattutto nel campo della fisica) le interpretazioni possono sembrare speculazioni irreali(stiche), che però costruiscono un episteme condiviso proprio perché definito mediante il metodo matematico, che è un sistema linguistico amministrato economicamente: usiamo le parole per produrre enunciati che producono risultati concreti e soddisfano bisogni, come spiegò John L. Austin (1962).

La complessità del pensiero economico riconcilia nella “somma unità” (Zhuāngzǐ XVI) i soliti poli opposti, di cui consumo e risparmio, come settore pubblico e settore privato, o individuo e collettività, rappresentano l'ennesima declinazione: l'ennesima manifestazione del dualismo primordiale che la filosofia cinese arcaica ha chiamato *yin* e *yang*. Per es., l'eq. 1.15 dimostra che la divisione di un numero maggiore di 1 (come I) per un numero compreso tra 0 e 1 (come $1-c$) restituisce sempre un numero maggiore del numeratore e del denominatore²⁰ (come $Y > I > 1-c$). Così la matematica afferma che l'oscillazione tra le polarità duali (*yin* e *yang* come 0 e 1) può creare qualcosa di diverso dalle polarità stesse: un valore minore tramite la moltiplicazione (come $cY < c$) o un valore maggiore tramite la divisione²¹ (come $I / 1-c > I$), invertendo di fatto la funzione originaria delle due operazioni, secondo la moltiplicazione dovrebbe accrescere un valore, mentre la divisione dovrebbe ridurlo. Le variabili comprese tra 0 e 1 mettono in relazione le cose col tutto (1) e col niente (0) – o col pieno e col vuoto – perché un polo implica l'altro; per es., un contenitore vuoto al 30% è anche pieno al 70%. Questo tipo di ragionamento “relativistico” fonda tutta la speculazione razionale – che stabilisce legami funzionali e proporzionali tra grandezze diverse – e sembra debitore del concetto di equilibrio primordiale tra *yin* e *yang*, che ricongiunge gli opposti in un'unità paradossale, fatta di distinzioni.

La fisica e la filosofia occidentale hanno sviluppato per prime questo modo di pensare: innanzitutto i filosofi hanno sviluppato i primi strumenti matematici, che i fisici hanno usato per descrivere fenomeni complessi, introducendo notazioni e strumenti matematici sempre più evoluti; che a loro volta hanno consentito ai filosofi di ampliare lo spettro di significazione della matematica, estendendola alla logica formale, che poi ha trovato applicazione nell'informatica e soprattutto nella fisica.

Le prime convergenze tra filosofia e fisica – mediate dalla matematica – che hanno espresso un mutamento epistemologico significativo per l'Occidente si sono sviluppate attorno al XVIII secolo²². Perciò questa ricerca sul sincretismo tra pensiero magico e scientifico inizia da allora; e prosegue coinvolgendo l'economia e altre discipline regolate dal linguaggio matematico.

20 Per es., $3/0,5 = 6$ perché $0,5 = 1/2$, perciò $3/0,5 = 3/1/2$, che si può riscrivere $3 \times 2/1$, cioè $3 \times 2 = 6$.

21 Già il miracolo cristiano della *moltiplicazione* dei pani e dei pesci riferiva l'idea di un accrescimento derivante da una *divisione* funzionale a distribuire le risorse nella comunità. Cfr. Rossi (2019: 72).

22 Blank/Krantz (2006) e Lai (2008) attribuiscono a Fermat l'introduzione di alcuni sistemi di calcolo evoluto già nel XVII sec.

2. Razionalismo e illuminismo

Il mondo intero, infatti, non è che una virtualità esistente attualmente solo e soltanto nelle pieghe dell'anima che esprime quel mondo. L'anima opera dispiegamenti interiori mediante i quali si conferisce una rappresentazione inclusa del mondo. E passiamo, così, dall'inflessione all'inclusione in un soggetto, come si passa dal virtuale all'attuale (Deleuze 1988/2004: 37).

2.1. Leibniz e i limiti della ragione

Il pensiero europeo del XVIII sec. ha plasmato i saperi occidentali: li ha indirizzati verso la spiritualità orientale mentre si sforzava di imporre una razionalità totale, ponendo le basi che avrebbero consentito di accostare l'*illuminismo* intellettuale dell'Occidente all'*illuminazione* intuitiva dell'Oriente. Ben più di un gioco di parole: un tentativo inaugurato già da Gottfried W. Leibniz, il cui pensiero si pone al centro di una mediazione che continua a svilupparsi ancora oggi nell'evoluzione dei concetti di *monade* e di *calcolo infinitesimale*, che hanno modellato i saperi e il pensiero scientifico.

Leibniz (1714) mutuò il concetto di monade dalla filosofia greca classica e da quella europea medievale, che avevano ipotizzato le monadi per qualificare le idee aprioristiche, le classi vuote capaci di accogliere i contenuti più vari: la *qualità* priva di *quantità*. Giordano Bruno (1591a; 1591b) considerava le monadi come gli atomi costitutivi della realtà fisica, seguendo un'idea già proposta da Democrito nel IV-III sec. a.C., quando la somiglianza tra l'una e l'altra idea trovava una spiegazione puramente linguistica: *ἄτομος* (gr., 'atomo') – composto da *ἄ* (lettera alfa con valore privativo) e *τέμνειν* ('tagliare') – significa 'indivisibile', come l'unità minima che rappresenta la *μονάς* ('unità'), la monade. L'idea puramente filosofica di un elemento minimale comune ad ogni cosa ha influenzato l'impostazione delle scienze fisiche, che hanno addirittura misurato le grandezze naturali minime possibili: la lunghezza di Planck ($\ell_P = 1,616252 \cdot 10^{-35}$ m, la lunghezza più breve misurabile, descritta al cap. 4 e all'app. 2) e il tempo di Planck ($t_P = 5,391 \cdot 10^{-44}$ s, l'intervallo di tempo più breve misurabile).

Leibniz intendeva le monadi come *particelle* parzialmente materiali e parzialmente immateriali (un dualismo che la fisica quantistica ha rievocato indirettamente col modello onda/particella, discusso al cap. 4); *entità* minime indipendenti, ma indivisibili in sé e inseparabili l'una dall'altra (connesse, seppur distinte); la fisica quantistica le definirebbe *entangled* (ingl., 'invischiate', 'legate'); *atomi* necessari a manifestare l'esperienza reale interagendo e combinandosi variamente tra loro con processi di *annichilazione* che farebbero *collassare* nella realtà il potenziale intrinseco di ciascuna monade; *funzioni* ideali e reali al tempo stesso che recano in sé informazioni particolari e generali, schemi; *pacchetti informativi* che esprimono *stati della materia* particolari e che esprimono anche le regole universali con cui le forze si relazionano vicendevolmente; *moduli* particolari e differenziati che possono interagire solo disponendo delle *istruzioni* universali sull'*ars combinatoria* (lat., 'arte di congiungere', da *cūm*, 'con', e *bīnī*, 'coppia'), anch'essa sviluppata da Leibniz (1666).

Il lessico della fisica quantistica – appena elencato in corsivo – appare particolarmente adatto a spiegare quella filosofia razionalista proprio perché Leibniz (1692) introdusse il concetto di *funzione*: una relazione che lega un solo elemento di un insieme (detto *condo-*

minio) ad ogni elemento di un altro insieme (detto *dominio*); un concetto imprescindibile per la matematica moderna e per le scienze che la usano come codice comunicativo¹.

Ma, dato che per la filosofia precedente a Leibniz ogni corpo,

per quanto piccolo, contiene un mondo [...] L'ipotesi atomista di una durezza assoluta e l'ipotesi cartesiana di una fluidità assoluta sono viceversa accomunate dallo stesso errore, che consiste nel postulare alcuni *minima* separabili (Deleuze 1988/2004: 8-9).

Leibniz (1714) superò quell'errore suggerendo che ogni particella esprimerebbe una struttura che oggi potremmo definire *olografica* (cfr. il cap. 5): ogni corpo infinitesimo riprodurrebbe in sé l'ordine universale; come, d'altro canto, l'insieme di tutte le monadi – l'universo – esprimerebbe una struttura informativa già inclusa nelle sue parti singole. Le monadi esplicherebbero una funzione rappresentativa solo in relazione alle altre monadi e al *continuum* a cui tutte le monadi appartengono: Bohr (1958: 57) lo avrebbe ribadito due secoli più tardi, spiegando che la fisica può osservare e definire le particelle atomiche solo nella loro interazione sistemica, olistica, complessa e complessiva.

Il *calcolo infinitesimale* – sviluppato proprio da Leibniz (1686a) e già spiegato al cap. 1 – consente di esaminare le porzioni minime di una funzione; porzioni che tendono alla dimensione nulla; che tendono allo zero. E comunque quelle porzioni minime esprimono l'andamento generale della funzione complessiva perché insistono in essa, perché i vari *minima* costituiscono il *continuum* complessivo: si può distinguere la parte dal tutto e la si può osservare *per sé*, ma la relazione della parte col tutto insiste nei risultati dell'osservazione e caratterizza quella stessa parte singola: “se due cose realmente distinte possono essere inseparabili, due cose inseparabili possono essere realmente distinte, appartenere ai due piani” (Deleuze 1988/2004: 21).

Il calcolo infinitesimale dimostra che l'infinitamente grande (∞) si risolve nell'infinitamente piccolo (0) – e viceversa – tramite funzioni algebriche apparentemente elementari: $x/0 = \infty$ da una parte e $x/\infty = 0$ dall'altra parte².

La frazione – la *ratio* (lat., ‘rapporto’, ‘relazione’, ‘calcolo’), da cui deriva la definizione *razionalista* della filosofia leibniziana – piega un estremo verso l'altro (lo zero verso l'infinito e viceversa), ma può anche preservare la distinzione nominale tra i due poli, se li relaziona direttamente, senza mediatori, cioè escludendo l'elemento x dall'operazione: $\infty/0 = \infty = \infty/x$ (l'infinito resta tale in rapporto a ogni entità, 0 o qualsiasi x) e, d'altra parte, $0/\infty = 0 = 0/x$ (il nulla resta tale in rapporto a qualsiasi entità, ∞ o x). Gli estremi – il nulla e l'infinito – coincidono *nell'espressione* delle loro diversità polari; coincidono *nel modo di esprimere* la diversità, mettendole in relazione diretta con i segni di uguaglianza (=) e divisione (/), che esprimono l'idea di un rapporto.

*The boundary of a boundary is zero. This central principle of algebraic topology [...] is also the unifying theme of Maxwell electrodynamics, Einstein geometrodynamics and almost every version of modern field theory. That one can get so much from so little, almost everything from almost nothing, inspires hope that we will someday complete the mathematization of physics and derive everything from nothing*³ (Wheeler 1989: 315).

-
- 1 Per es., l'eq. 1.10 ($C = cY$) si può leggere come: “ C è funzione di Y in ragione di c ” o “ C varia secondo il tasso c applicato a Y ” o, ancora, “la funzione cY restituisce C ”.
 - 2 Più precisamente: $\lim_{y \rightarrow 0} \frac{x}{y} \approx \infty$ da una parte e $\lim_{y \rightarrow \infty} \frac{x}{y} \approx 0$ dall'altra.
 - 3 Trad. mia dall'ingl.: “Il confine di un confine è zero. Questo principio centrale della topologia algebrica [...] è anche il tema che unifica l'elettrodinamica di Maxwell, la geometrodinamica di Einstein e quasi ogni versione della moderna teoria del campo. Il fatto che si possa ottenere così tanto da così poco, quasi tutto da quasi niente, fa sperare che un giorno completeremo la matematizzazione della fisica e deriveremo tutto dal niente, ogni legge da nessuna”. Quando Wheeler scrive dell’“ottenere così tanto da così poco” si può pensare anche alla possibilità di dedurre idee radicali da semplici trasformazioni matematiche, come già spiegato al cap. 1.



Fig. 2.1. Lemniscate nel mosaico di Sassoferrato, nel nastro di Möbius e nella kundalinī.

Il nulla (lo zero del calcolo infinitesimale) tende a coincidere con l'infinito secondo un rapporto funzionale e simbolico che la matematica consente di discutere tanto sul profilo scientifico quanto sul profilo filosofico: una continuità intrinseca lega poli opposti solo apparentemente ($0 \leftrightarrow \infty$). Lo zero rappresenta una circonferenza, un ente chiuso, perciò finito; ma privo di inizio e di fine, perciò infinito; e tale rappresentazione rispecchia proprio l'immaginario occidentale moderno perché il numero zero è stato rappresentato nelle forme più varie dalle culture classiche più disparate, e si è stabilizzato come anello (il segno 0) solo nel Rinascimento, come ha rilevato Florian Cajori (1928: 49-53).

L'infinito, d'altra parte, consente di individuare una quantità infinita di elementi finiti; perciò entrambi, 0 e ∞ , sono concetti *qualitativi* anziché *quantitativi*. Già lo sapeva l'autore del mosaico di Sassoferrato (III sec.) che ritrasse Aion, il dio dell'eternità (immagine sinistra della fig. 2.1), circondato da un "nastro di Möbius"⁴ *ante litteram*; una superficie capace di sintetizzare la forma "chiusa" dell'anello (0, lo zero, che individua confini discreti) con la forma "aperta" della lemniscata⁵ (∞ , l'infinito, che sviluppa una continuità analogica) per mezzo di una torsione o di una piega.

Cajori (1928: 214; 1929: 44) ha rintracciato i primi esemplari del segno ∞ , usato per significare l'infinito, in due testi del matematico John Wallis (1655a; 1655b); e Falcidieno/Giulini/Malagugini (2008: 306) hanno notato che Wallis usò la lemniscata "senza fornire alcuna spiegazione sulla sua scelta, quasi si trattasse di una simbologia già affermata", probabilmente rievocatrice dell'immagine del serpente che si mangia la coda: l'uroboro (dal gr. *οὐρά*, 'coda', col suffisso *-βόρος*, 'che mangia') rappresenta la distruzione e la rigenerazione continua della natura. Il riferimento simbolico del segno ∞ potrebbe risalire addirittura alla filosofia classica, secondo cui "una vita umana non è che un istante fuggevole nel doppio infinito del tempo che si estende davanti a noi e dietro di noi" (Hadot

4 Il nastro di Möbius (1865) è una superficie continua dotata di una sola faccia (anziché due) e di un solo confine (anziché due o quattro), come si può vedere nell'immagine centrale della fig. 2.1. Il nastro si ottiene collegando i lati estremi minori di una fettuccia rettangolare, che ha 4 lati (*a, b, c, d*) e 2 facce (*A* e *B*), dopo aver eseguito una torsione della fettuccia; invece, un anello comune si forma collegando i due lati estremi minori della fettuccia (*a* e *c*), cosicché la faccia *A(a)* di un lato estremo tocchi la faccia *B(c)* dell'altro lato estremo. Il nastro di Möbius collega i due lati estremi minori della fettuccia (*a* e *c*) cosicché il versante *A(a)* di un lato faccia contatto col versante *A(c)* del lato opposto.

5 William Smith (1842: 557-558) spiegava che i Romani allacciavano un *lemniscus* (lat., 'nastro decorativo', 'benda', dal gr. *λημνίσκος*, 'fascia') alle corone dedicate ai vincitori di guerre e battaglie.

1981/2002/2005: 120-121): un'idea che pone l'esperienza dei fenomeni al centro del segno ∞ dove si (ri)plettono due anelli infiniti, quello sinistro, per il passato e per i numeri negativi, e quello destro, per il futuro e per i numeri positivi. E del resto la neurolinguistica ha rilevato che la mente umana organizza e visualizza gli eventi lungo una linea temporale che procede proprio da sinistra verso destra o dal retro verso il davanti (James/Woodsmall 1988: 22-27).

Il concetto di *piega* introduce la continuità simbolica tra lo zero e l'infinito: piegare un anello (0) produce un nastro di Möbius (∞); viceversa, spiegare una lemniscata (∞) restituisce un anello (0). La piega identificata al centro del segno ∞ consente alla soggettività di cogliere una variazione nel suo rapporto con gli oggetti, come precisa Deleuze (1988/2004: 31-32). La superficie continua e perciò infinita del nastro significa la possibilità di distinguere l'oggetto dal soggetto – di separarli, di individuare i loro limiti – ma solo in funzione di una relazione immanente tra il soggetto e l'oggetto; il punto di vista (la relazione) illude l'osservatore (il soggetto) di poter distinguere un'area interna da un'area esterna del piano continuo di Möbius (l'oggetto); mentre il piano infinito, come la monade, ha una superficie sola, che però la relazione con l'osservatore (la piega o l'orientamento rispetto al punto di vista) distingue in due versanti illusori.

Quel che Leibniz scopre in questo modo è che la monade come interiorità assoluta, come superficie interna a un solo lato, possiede nondimeno un altro lato, o un minimo di fuori, una forma di fuori strettamente complementare ad essa. [...] l'"unilateralità" della monade implica comunque, come condizione della sua chiusura, una torsione del mondo o una piega infinita (Deleuze 1988/2004: 181-182).

Il vocabolo ted. *Monade* (usato da Leibniz) condivide la sua radice lessicale con *Monad* (ted., 'luna'), che deriva da *Monat* (ted., 'mese'). Durand (1963/2009: 116) nella sua ricerca sull'immaginario notava che, mentre "il sole resta simile a se stesso [...] la luna è un astro che cresce, decresce, scompare, un astro capriccioso che sembra soggetto alla temporalità e alla morte". Le culture più varie hanno scandito e scandiscono tuttora le proprie attività sociali cicliche (i riti periodici, i tempi di semina e raccolto, ecc.) in funzione delle fasi lunari. Perciò troviamo le caratteristiche della monade leibniziana nell'etimologia stessa, che esprime il binomio di una componente materiale – la faccia visibile della luna – e di una componente immateriale – la faccia invisibile, ma presente, della luna –, rievocate dalla simbologia taoista e confuciana del *tàijítú* cinese (IX sec. a.C.): ☯, il cerchio composto da un'area bianca e un'area nera che, a loro volta, ospitano una porzione più piccola, resa col colore opposto all'area di riferimento. La curva del *tàijítú* simbolizza la piega che oppone lo *yin* (cin., 'lato in ombra') allo *yang* (cin., 'lato illuminato'), ma che li fa anche coincidere. Il binomio *yin/yang* riassume tutte le diadi (apparentemente) oppositive (sì e no; maschio e femmina; vuoto e pieno; chiuso e aperto; simmetrico e asimmetrico⁶; dentro e fuori; alto e basso; caldo e freddo; buono e cattivo; luce e ombra⁷; asciutto e bagnato; acceso e spento; vecchio e giovane; più e meno⁸; ecc.).

*Its upper part is not bright, and its lower part is not obscure. Ceaseless in its action, it yet cannot be named, and then it again returns and becomes nothing. This is called the Form of the Formless, and the Semblance of the Invisible*⁹ (*Dàodéjīng* 14).

6 Matte Blanco (1975/2000) ha analizzato l'inconscio proprio mediante le categorie di simmetria/asimmetria.

7 Durand (1963/2009) ha fondato l'archetipologia sulle categorie di luce/ombra.

8 Platone nel *Filebo* ha definito l'infinito come risultato della dialettica tra le polarità positiva e negativa; mentre nel *Parmenide* ha descritto la dialettica tra giovane e vecchio.

9 Trad. mia dall'ingl.: "La sua parte superiore non è luminosa, e la sua parte inferiore non è oscura. Incessante nella sua azione, non può ancora essere nominato, e comunque torna ancora e diventa nulla. Ciò si è detto la Forma dell'Informe, e la Sembianza dell'Invisibile".

Il *tàijítú* e il nastro di Möbius (☉ e ∞) – i cui significati intrinseci “appaiono” già nelle loro forme esteriori – riconducono il pensiero stesso alla monade, che avviluppa la complessità del tutto nella propria unicità, in funzione di una relazione di continuità (la piega) tra limiti apparentemente inconciliabili; come avviene nel rapporto architettonico che intercorre tra le facciate e gli interni degli edifici o tra luci ed ombre (nei chiaroscuri) dei quadri dell’epoca barocca (Deleuze 1988/2004: 47-54); proprio come ciascuna faccia del disco lunare necessita dell’altra faccia per poter apparire e per potersi nascondere; così l’atto del pensare implica opposizioni continue: innanzitutto quella tra materia e astrazione (perché un’idea astratta dipende da una struttura neurale concreta), poi tutte le coppie già elencate (alto/basso, bello/brutto, ecc.) che si definiscono naturalmente appena un’idea emerge, recando con sé il proprio opposto.

Del resto, Leibniz (1703) aveva interpretato espressamente la filosofia cinese dell’*Yījīng* come un’algebra binaria, fondata solo sulle cifre 0 e 1, capace anche di “rappresentare il rapporto tra Dio e il Nulla” (Eco 1993: 21); anticipando di fatto la logica di Boole (1854), la logica dei calcolatori elettronici e degli elaboratori informatici che manipolano serie di *bit*: 1 e 0 come presenza o assenza di corrente elettrica (+ e –); poi estesi ai *qubit* (i bit quantistici), che consentono di definire *contemporaneamente* i due stati antitetici, ammettendo solo dalla fine del Novecento la realtà di un complesso ambivalente.

L’estetica della filosofia razionalista europea – affascinata dalla filosofia dualista cinese, quasi dimenticando il platonismo – dice molto dei processi culturali che sottende: il significante qualifica il significato, per dirla con la semiotica di Ogden/Richards (1923). La piega connota quella somiglianza simbolica tra la lemniscàta e l’elica doppia del *DNA*, anch’essa analoga alla struttura simbolica dell’*Yījīng*, come già accennato al cap. 1; ma la lemniscàta rievoca anche il *kunḍalinī* (sans., ‘circolare’, ‘anulare’, ‘attorcigliato’), il serpente di energia dormiente (altra eco dell’uroboro) che l’induismo immagina attorcigliato in forma di spirale (il segno ∞ rievoca l’immagine destra della fig. 2.1) alla base della spina dorsale di ogni persona, pronto a ergersi (rievocando la cifra 1) per attivare i punti energetici, i *chakra* (che rievocano lo 0), lungo il percorso tra il bacino e la testa.

Le “immagini” della Luna, del *tàijítú*, del nastro di Möbius e del *DNA* consentono di pensare la monade come una diade indivisa: una piega che individua un rapporto infinito di continuità tra due piani; una piega che distingue o confonde i piani, a seconda del punto di vista¹⁰; fino alla possibilità di pensare una “monade dominante” (Leibniz 1714) o “Monade delle Monadi” (Synesius 394-413) che significa una dimensione qualitativa (una piega) in grado di contenere ogni altra monade e ogni configurazione possibile delle monadi (ogni altra piega); la qualità assoluta del “tutto indistinto” – divino – da cui trae origine la realtà, diversificata dall’interazione delle “monadi dominate”. Ma tutte le monadi (tanto la dominante quanto le dominate) riflettono lo stesso “principio architettonico”, lo stesso rapporto tra oggettività e soggettività, tra esterno e interno; tra alto e basso; tra ombra e luce; tutte le monadi (ri)flettono la stessa possibilità di piegare il *continuum*, quindi di s-piegarlo, dis-piegarlo, ri-piegarlo, im-piegarlo, ap-plicarlo, re-plicarlo, com-plicarlo e multi-plicarlo. Il gioco di parole magico diventa una teoria filosofica nel momento in cui la matematica lo traduce in simboli scientifici.

10 Quelle immagini sollevano una serie di quesiti suggestivi. Dove finisce la zona in ombra e dove inizia quella illuminata della superficie lunare? In quale momento (o in quale punto) la fettuccia piegata perde una delle due facce e assume la continuità infinita della lemniscàta? L’area nera del *tàijítú* demarca il confine con quella bianca o l’area bianca demarca il confine con quella nera? Il ripiegamento continuo del *DNA* si conclude nell’estensione del perimetro di un cromosoma, come rileva Anthony T. Annunziato (2008), o prosegue nella replicazione cellulare e nella riproduzione della specie, come sosteneva Schrödinger (1944/1967)? Come giustificare il paradosso rappresentato dai ripiegamenti continui del *DNA* di un essere umano, che coprirebbero 600 volte la distanza che separa la Terra dal Sole, se venissero “dispiegati”, ma che occupano uno spazio infinitesimale (Annunziato 2008)?

Il rapporto – la relazione – tra monade dominante e monadi dominate estrinseca le possibilità di un sapere olografico per cui valgono le due identità seguenti (2.1 e 2.2), che vanno lette come “giochi” filosofici, anziché come assiomi matematici.

$$[2.1] \quad \frac{\infty}{1} = \infty = \frac{\infty}{x}$$

L'infinito diviso per l'unità risulta uguale a se stesso ($\infty/1 = \infty$), come anche ogni altro numero, diviso per l'unità, risulta uguale a se stesso ($x/1 = x$); ma l'infinito risulta uguale a se stesso anche se diviso per qualsiasi altra entità ($\infty/x = \infty$) perché l'infinito risulta indivisibile per definizione (in-finito, ‘non finito’, ‘non delimitabile’). D'altra parte, una divisione infinitesima di ∞ si può operare sempre, senza limiti, senza alterare il risultato finale. L'identità 2.1 significa che la serie infinita del *continuum* (∞) intrattiene una relazione con ogni singola (1) monade (x) che lo esprime; e significa che il *continuum* conserva sempre la propria identità indefinita (∞), indipendentemente dalle caratteristiche della monade (x) che lo esprime. Ma anche la relazione (il segno matematico che lega gli enti) può cambiare senza interferire nel *continuum*: $\infty = \infty/x = \infty \cdot x = \infty + x = \infty - x$. L'identità 2.1 significa che ogni (1) monade (x) esprime la serie continua (∞) a cui la monade stessa appartiene.

$$[2.2] \quad \frac{1}{\infty} \approx 0 = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{x}$$

La funzione di *limite* (lim) usata nel calcolo infinitesimale implica che dividere un numero qualsiasi (n) per un altro (x), che tende all'infinito ($\lim_{x \rightarrow \infty}$), approssima un risultato che tende allo zero. L'identità 2.2 significa che una monade dominata (1) è l'inverso della monade dominante ($\infty = \infty/1$ anziché $1/\infty$); significa che la serie continua (∞) raccoglie ogni monade ($\lim_{x \rightarrow \infty}$); e significa che ogni monade (x), nel suo rapporto con la serie infinita delle monadi ($\lim_{x \rightarrow \infty}$), gode di un'individualità discreta (0, lo zero che rappresenta una qualità vuota); ma significa anche che quell'individualità dipende sempre dal suo rapporto col *continuum*, cosicché l'identità (=) tra monadi dominate (x) e monade dominante (∞) debba sempre essere approssimata (\approx). E, d'altro canto, vale anche il principio inverso:

$$[2.3] \quad \frac{1}{0} \approx \infty = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x}$$

Ogni monade esprime l'interezza del *continuum* ($\infty/1$) e può distinguersi dalle altre ($1/x$) solo per il modo interno in cui ogni monade esprime quella continuità, come spiegava Deleuze (1988/2004: 84). La soggettività differenzia l'oggettività, ma reca sempre in sé le tracce della relazione (= oppure \approx) che le consente di partecipare al *continuum* indistinto.

La fisica ha fatto propria questa logica, teorizzando che le particelle “*may be discontinuous in space (in explicate order) but contiguous in the implicate order*”¹¹ (Bohm 1977); come anche la psicanalisi ha usato queste relazioni per descrivere la logica simbolica dell'inconscio, che può considerare gli insiemi finiti o gli elementi finiti di un insieme (per es., il numero 1) come insiemi formati da serie infinite dei loro sottoinsiemi (per es., $1 = 1/2 + 1/2 = 1/4 + 1/4 + 1/4 + 1/4 = 1/32 + 1/32 + \dots$) (Matte Blanco 1975/2000: 175-178).

Tanto la formulazione 2.2 quanto la 2.3 potrebbero riscontrare l'identità della monade – l'identità di un soggetto – con due piccole alterazioni formali: $(1/\infty)\infty = 1$, nel primo caso, significherebbe che la moltiplicazione e la divisione annullano l'indefinito (∞) e l'unità resta fine a se stessa, ma ciò è impossibile perché la divisione ($1/\infty$) non si può ripe-

11 Trad. mia dall'ingl.: “possono essere separate nello spazio (nell'ordine esplicito), ma contigue nell'ordine implicito”; dove l'“ordine esplicito” sta per il “fenomeno” kantiano e l'“ordine implicito” sta per il “noumeno”.

tere (moltiplicare) all'infinito, perché la relazione dell'unità col *continuum* è localizzata e differenziata rispetto al tempo e allo spazio; mentre $(\frac{1}{0})0 = 1$, nel secondo caso, significherebbe *non* rapportare *mai* (0) la soggettività alla dimensione microscopica ($\frac{1}{0}$), benché tutto dipenda proprio dai processi atomici, 'indivisibili'.

L'idea di una relazione continua tra poli diversi ricorre nello sviluppo del pensiero filosofico e scientifico della modernità forse proprio perché nasce con Leibniz, che introdusse un pensiero (fisico e metafisico) codificabile con la matematica: perciò riconducendo la ricchezza del linguaggio analogico (la serie continua infinita, circolare, che non può trovare una definizione basata esclusivamente sui suoi membri interni, come dimostra il paradosso del vocabolario di Richard 1905) alla discrezione dell'algebra (la serie strutturata che esprime relazioni sempre definite, sempre "sensate"); riconducendo il *continuum* alla *monade* e viceversa; mettendo in relazione l'unità indistinta con ciascuna delle sue espressioni, diversificate, ma riunite dalla trama impercettibile della monade dominante.

*(The Dao) produces [all things] and nourishes them; it produces them and does not claim them as its own; it does all, and yet does not boast of it; it presides over all, and yet does not control them. This is what is called "The mysterious Quality" (of the Dao)*¹² (Dàodéjīng 10).

Qualcosa della filosofia taosita ricorre nella filosofia razionalista di Leibniz (1714) forse proprio perché Leibniz (1703) aveva tradotto l'*Yìjīng* come una forma di matematica binaria: anzi, sembrerebbe proprio che quel primo tentativo sincretico di tradurre una logica in un'altra – quella cinese arcaica in quella europea moderna – abbia orientato lo sviluppo del pensiero occidentale.

2.2. Da Kant al sincretismo di Schopenhauer

L'idea razionalista di Leibniz – secondo cui l'unità (1) media la relazione tra il tutto (∞) e il nulla (0) tramite un rapporto (\wedge) proporzionale (la *ratio*) – ha introdotto la dialettica illuminista di Immanuel Kant (1781), che sviluppò l'idea di un tutto indiviso, assoluto, un *continuum* (∞) che sarebbe la fonte unica (1) di ogni fenomeno, ma che l'esperienza sensoriale non può cogliere (0) nella sua complessità. E la psicoanalisi ha recuperato lo stesso concetto di continuità simmetrica e omogenea per descrivere l'inconscio:

Il modo di essere omogeneo indivisibile è in sé necessariamente inconscio per il modo di essere dividente, poiché la coscienza umana, che lavora con un numero finito di elementi discreti, non può trattenerlo o contenerlo (Matte Blanco 1975/2000: 389).

L'unità compatta (1) del *noumeno* – l'omogeneità indivisibile – aggrega ogni informazione in un involuppo complesso (∞), che i sensi percepiscono come una serie differenziata di *fenomeni* discreti; l'esperienza umana transitoria, scandita dallo scorrere del tempo, dalla localizzazione spaziale e dalle distinzioni sensoriali, ridurrebbe la complessità del *continuum*. E la fisica quantistica è giunta alla stessa conclusione:

each entity is continually being formed from the infinite background and falls back into the background, to be regenerated again and again (as long as it continues to exist). Thus each

12 Trad. mia dall'ingl.: "(Il Dao) produce [tutte le cose] e le nutre; le produce e non le rivendica come sue; fa tutto e comunque non se ne vanta; presiede tutte le cose e comunque non le controlla. Questa è la così detta 'misteriosa Qualità' (del Dao)".

*thing has its roots in the totality and falls back into the totality*¹³ (Bohm 09.09.1958 in Nichol 2003: 202).

Kant recuperò apposta l'idea platonica del noumeno (dal gr. *νοούμενον*, 'ciò che si pensa', 'ciò che si considera', ma che non si può percepire) e del fenomeno (dal gr. *φαινόμενον*, 'che si manifesta' e che perciò viene percepito): la distinzione tra il mondo delle idee (il noumeno) e la realtà corporea (i fenomeni). Kant attribuì alla percezione neuro-sensoriale la responsabilità della relazione (solo fenomenica) che ogni individuo può intrattenere con la realtà; e attribuiva a quella relazione percettiva la responsabilità del fatto che gli individui *si illudano* di poter conoscere lo stato intrinseco della materia o comunque si illudano del fatto che le loro idee (soggettive) della realtà, dipendenti dai fenomeni, siano coerenti con la struttura (oggettiva) della materia, che invece è una complessità insondabile, detta noumeno. La realtà fenomenica risulterebbe come la corruzione o la differenziazione del noumeno: un insieme informativo indistinto rispetto allo spazio e al tempo; un insieme informativo complesso e perciò inaccessibile all'intelletto, che invece può conoscere solo informazioni codificabili (e rimodulabili) sensorialmente. Il modello neurosemantico delle rappresentazioni sensoriali della realtà (codificate in cornici semantiche visive, uditive o cinestesiche¹⁴), sviluppato da Bandler/Grinder (1976: 6-24), dipende proprio dal modello illuminista kantiano. La psicologia, la fisiologia, la biologia e la fisica riescono a rispondere abbastanza esaustivamente alle domande che riguardano i fenomeni, ma si arrestano di fronte all'inaccessibilità del noumeno, che solo la filosofia e – in parte – la fisica hanno provato a decodificare.

Il concetto di noumeno kantiano – la componente strutturale della realtà, inaccessibile al pensiero e ai sensi, intuibile, ma incomprensibile, totalmente complessiva, perciò caotica e mutevole, ma immutabile proprio perché totale ($\infty/x = \infty$) – rievoca il concetto cinese di *Dao*: “*something undefined and complete [...] it passes on (in constant flow). Passing on, it becomes remote. Having become remote, it returns*¹⁵” (*Dàodéjīng* 25).

Già Antoine-Laurent de Lavoisier (1774) aveva intuito l'idea kantiana di una continuità “materiale” con la sua *legge di conservazione della massa*, secondo cui la massa di un sistema rimane costante, benché la materia (il suo aspetto fenomenico) possa mutare: niente si crea né si distrugge, ma tutto si trasforma in qualcos'altro come fa l'uroboro descritto al cap. 2.1; i fenomeni mutano, ma in funzione dello stesso noumeno continuo. L'astrofisica moderna ha insistito a perseguire quell'idea:

*we might say that the energy of the universe would be constant, because when you create matter, you need to use energy. And in a sense the energy of the universe is constant; it is a constant whose value is zero. The positive energy of the matter is exactly balanced by the negative energy of the gravitational field*¹⁶ (Hawking 1986).

L'idea di Hawking rievoca apertamente il dualismo taoista, con quell'idea del bilanciamento di opposti che significa un'identità essenziale: $0 = x-x$, cioè $x = x$. La prima formulazione rappresenta quella “costante zero” di cui parla Hawking, equivalente all'interazione tra due elementi identici, ma di segno opposto ($+x$ e $-x$); mentre la seconda formulazione

13 Trad. mia dall'ingl.: “ogni entità viene formata continuamente dallo sfondo infinito e ricade nello sfondo, per essere rigenerata ancora e ancora (finché continua a esistere). Così ogni cosa ha le sue radici nella totalità e ricade nella totalità”.

14 L'aggettivo *cinestesico* deriva dal sostantivo *κίνησις* (gr., 'movimento') e dal verbo *αἰσθάνομαι* (gr., 'conoscere', 'percepire mediante i sensi').

15 Trad. mia dall'ingl.: “qualcosa indefinito e completo [...] che trascorre (in un flusso costante) e, trascorrendo, diventa remoto; ed essendo diventato remoto, ritorna”.

16 Trad. mia dall'ingl.: “Possiamo dire che l'energia dell'universo sia costante perché quando create materia dovete usare energia. E in un certo senso l'energia dell'universo è costante; è una costante il cui valore è zero. L'energia positiva della materia è bilanciata esattamente dall'energia negativa del campo gravitazionale”.

rappresenta l'equilibrio ovvio, che anche il taoismo considera essenziale: il *qi* (cin., 'essenza individuale', 'energia'), una variabile (x), può assumere valori polari (+ e – come *yin* e *yang*) che divergono (in una direzione o nell'altra) rispetto allo zero; e lo zero significa un insieme vuoto che identifica la qualità in sé, da cui si dipanano le quantità più disparate. Così lo zero, ancora una volta, torna a coincidere col tutto, come nel razionalismo leibniziano.

La dialettica tra noumeno e fenomeno appartiene a un sistema di pensiero ispirato alla dialettica più generale “del contenuto e del contenitore” (Durand 1963/2009: 258), che rievoca le identità già valide per il discorso razionalista di Leibniz: l'eq. 2.1 significa che l'estensione infinita del noumeno (∞) si relaziona con ciascun fenomeno (x) che rappresenta un (1) aspetto parziale del *continuum*; mentre l'identità 2.2 significa che ciascun fenomeno (x) può rappresentare una (1) porzione infinitesimale (0) del noumeno, ma non può rappresentarne la complessità totale (∞). La relazione è biunivoca.

*(The perfect Dao) is something inexhaustible, and yet men all think it has an end; it is something unfathomable, and yet men all think its extreme limit can be reached*¹⁷
(Zhuāngzǐ XI).

Il riferimento cinese al concetto di “limite” sembra calzare perfettamente con la definizione di Leibniz (1686a) sintetizzata nelle eq.ni 2.2 e 2.3.

Arthur Schopenhauer – l'erede intellettuale di Kant – sdoganò il buddhismo in Occidente (Ñāṇajīvako 1970), recuperando i concetti di *forma* e *sostanza*, oltreché di *unità* e *distinzione*, che ricorrono in ogni tentativo di superare il dualismo, come testimonia – tra i tanti – Yoka Daishi (1992), che usa proprio le categorie polari *forma/sostanza* e *unità/distinzione* per spiegare l'essenza del *satori* (giap., 'risveglio spirituale') che “illumina” la coscienza facendole superare il dualismo.

Schopenhauer (1819) introdusse in Occidente un'idea che avrebbe riscosso enorme successo nel XX sec., soprattutto per gli psicologi, secondo cui ogni individuo costruirebbe una *rappresentazione* mentale del *mondo* in cui vive, ma quella rappresentazione soggettiva divergerebbe dalla realtà oggettiva: “la mappa non è il territorio” avrebbe scritto Alfred Korzybski (1933: 750) più tardi¹⁸; e poi Chomsky (1957; 1965) avrebbe individuato una “struttura profonda” e una “struttura superficiale” degli enunciati prodotti da un parlante come rappresentazioni simboliche (quella profonda interna; quella superficiale esterna) della realtà percepita dall'emittente. Poi Bandler/Grinder (1975: 59-106) avrebbero individuato fenomeni di “distorsione, cancellazione e generalizzazione” delle informazioni sensoriali raccolte nelle cornici semantiche (in ingl. *frame*) che rappresentano la realtà percepita dagli individui (la “struttura profonda” secondo Chomsky).

Fondamentalmente per tutte queste teorie la *r-appresentazione* (mentale o linguistica) di un fenomeno presuppone un'*ap-prensione* (sensoriale) della realtà che, a sua volta, presuppone una *presentazione* (fenomenica) dell'oggetto ai sensi del soggetto; la rappresentazione implica che la mente recuperi (riprenda) e ri-apprenda ciò che ha già conosciuto ogni volta che la percezione “intreccia” (in ingl., *entangles*) una parte della realtà col soggetto che percepisce quella parte di realtà. Bergson (1896/2013) avrebbe spiegato che il rapporto dell'individuo col presente implica un recupero costante del passato, cosicché l'illusione del momento presente pone il soggetto sempre nel passato, rispetto alla continuità di un fenomeno reale.

17 Trad. mia dall'ingl.: “[Il perfetto Dao] è qualcosa di inesauribile, e comunque tutti gli uomini pensano che abbia una fine; è qualcosa di insondabile, e comunque tutti gli uomini pensano che il suo limite estremo possa essere raggiunto”.

18 La tecnologia però sta rendendo possibile la sovrapposibilità della mappa al territorio, come aveva preconizzato Jean Baudrillard (1981): basti pensare alla minuziosità di dettagli restituita dalle mappe territoriali di Google (www.google.com/maps).

Il discorso si può portare a un limite estremo, per intuire che la percezione sensoriale di un fenomeno (la traduzione di uno stimolo in un segnale neurale) e la sua interpretazione mentale (un'altra elaborazione elettrochimica) impiegano un certo tempo (per quanto infinitesimo), che colloca ogni *esperienza* (la risposta neurale) in ritardo rispetto all'*essenza* (lo stimolo fenomenico). Questo ritardo continuo – questo “vivere nel passato” – giustifica l'idea di una realtà “già” presente nel futuro immediato. Perciò il *continuum* (il noumeno kantiano) si dispiegherebbe dal futuro verso l'esperienza sensoriale presente, ribaltando di fatto le categorie abituali del tempo: ciò che consideriamo colloquialmente “futuro” sarebbe passato perché già esiste prima di sollecitare la percezione; mentre ciò che chiamiamo “passato” sarebbe un'esperienza mediata che ricorre nel fenomeno percettivo e perciò (ri-correndo, essendo destinata a essere ri-presa) sarebbe un evento futuro, come spiegò Bergson. Ancora una volta il *tàijítú* confonde le polarità *yin* e *yang*; ma anche la filosofia occidentale classica cercava di “intravedere quanto sia infinitesimo l'istante in cui il futuro diventa passato” (Hadot 1981/2002/2005: 125).

L'osservazione astronomica rileva qualcosa di simile: la luce di una stella che vediamo brillare in cielo in un certo momento è un'informazione vecchia di alcuni anni perché proviene da distanze enormi e ha impiegato tutti quegli anni, attraversando il cosmo, per giungere fino alla nostra percezione. Così la filosofia di Bergson trova un corrispettivo nella fisica di Bohm, come ha notato Stephen E. Robbins (2006).

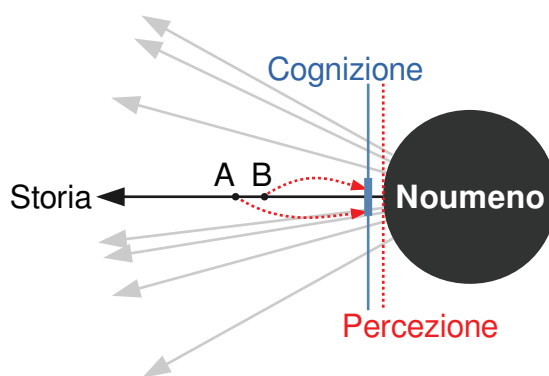


Fig. 2.2. Sincretismo della conoscenza filosofico-scientifica.

La fig. 2.2 schematizza l'intuizione accennata ai paragrafi precedenti. Il noumeno viene processato da una *percezione* tangente (la retta verticale tratteggiata), che intercetta il *continuum* compatto in un punto solo. La percezione dipana la retta orizzontale degli eventi (perpendicolare alla retta della percezione), estrude la realtà dalla massa complessa del noumeno; e l'estrusione esplicita una sola serie di *stati*, facendo “collassare” le altre infinite serie di stati possibili del noumeno (le rette diagonali, perpendicolari alle infinite altre tangenti possibili). La cognizione (la retta verticale parallela alla tangente) si manifesta con un certo ritardo rispetto alla percezione attuale: la cognizione rievoca continuamente alla percezione gli stati già passati (per es., A e B), già collassati nella “storia”; ma i *ricordi* di quegli stati procedono al di fuori della storia, non sono lineari, anzi sono “distorti” (cfr. le due curve tratteggiate), come scrivono Bandler/Grinder (1975: 59-106), e si stabilizzano – si ipostatizzano, si cristallizzano – in un tratto di *sapere* (il piccolo segmento più spesso della retta cognitiva verticale) che esclude dall'esperienza certe informazioni, semplificandola. La morte interrompe il processo di estrusione (cancella la retta verticale della percezione) e riconduce l'esperienza direttamente al noumeno (come se nella fig. 2.2 sparisse ogni segno, tranne il noumeno), proprio come suggeriscono tutte le religioni usando le locuzioni più varie (come: “tornare all'origine”, “tornare alla casa del Padre”, “riunirsi al tut-

to”) e come Richard Wagner (1859: atto 2, scena 2) fa dire al suo Tristan (innamorato di Isolde): “*So starben wir, um ungetrennt, ewig einig, ohne End*”¹⁹).

Il *tàijítú* (☯) potrebbe sostituire il noumeno della fig. 2.2 per rendere l’idea di un insieme compatto, ma denso di avvenimenti dinamici, di un fluire caotico – comunque regolato da un ordine intrinseco – che riunisce ogni informazione senza distinzioni temporali né locali; un po’ come siamo abituati a visualizzare la struttura di un atomo secondo il modello di Bohr (1913) e di Sommerfeld (1919).

Schopenhauer, recuperando un sapere orientale, introdusse l’idea secondo cui le caratteristiche di un oggetto dipendano dalla posizione percettiva del soggetto che le osserva, anticipando il germe della meccanica quantistica occidentale: l’esperimento della *doppia fenditura* (in ingl. *double slit*) di Geoffrey Ingram Taylor (1909) dimostrò come l’intervento soggettivo dell’osservatore modifichi la struttura stessa dell’informazione; Heisenberg (1927) dimostrò che stimolare una particella produce un feedback – un’informazione – sulla sua posizione o sulla sua velocità (mai entrambe le informazioni insieme), ma la collisione tra lo stimolo e la particella modifica la particella stessa (che collassa in uno stato diverso da quello osservato) cosicché l’informazione “invecchi” (passi) appena venga estratta; Schrödinger (1935) riformulò l’idea di Heisenberg come un paradosso, secondo cui l’osservazione di una particella ne identifica lo stato, ma l’assenza di un’osservazione impone di ipotizzare un insieme probabilistico di condizioni diverse e sovrapposte, tutte ugualmente possibili e coesistenti (il noumeno), che collassano in uno stato specifico (fenomeno) solo dopo l’osservazione (l’interazione col soggetto): come se la meccanica quantistica (o il noumeno) collassasse nella meccanica classica (o nel fenomeno) appena si tentasse di usare l’esperienza fenomenica per interpretare l’unità noumenica.

Tutte queste considerazioni (in bilico tra fisica, filosofia e metafisica) sono riconducibili al famoso paradosso di Berkeley (1710: 23), risolto da un redattore anonimo della rivista *Scientific American* (1884: 218): un albero che cade nella foresta produce un suono solo se la pressione dell’aria viene tradotta in un segnale nervoso da un orecchio e solo se un cervello interpreta quel segnale come un suono; altrimenti non c’è suono. La percezione umana della realtà costruisce una rappresentazione sensoriale (fenomenica) di certi fenomeni, ma non coincide con la realtà in sé (noumenica).

La meccanica quantistica impone di rileggere il ragionamento di Schopenhauer e quello buddhista. La percezione sensoriale di un individuo si estende entro certi limiti, entro una sfera percettiva che, ristretta all’estremo – dall’oggetto più distante a quello più vicino – collassa nel corpo dell’individuo²⁰. Schopenhauer definiva la *volontà* dell’individuo entro i confini del suo corpo; la definiva come *energia potenziale* oggettivata nel corpo; e definiva il corpo come un’“oggettivazione della volontà”, come un *medium* che consente l’autocoscienza; deducendone che la rappresentazione degli oggetti dipenda dalla volontà.

La materia che costituisce il corpo del soggetto obbedisce alle stesse regole a cui obbedisce la materia che costituisce i corpi degli oggetti: i fisici moderni direbbero che il campo (il noumeno) estrude tanto il soggetto quanto gli oggetti (i fenomeni); e di conseguenza la volontà (l’energia) oggettivata dipenderebbe dall’estrusione quantistica del campo. Invece, intendere che la volontà modifichi il campo condurrebbe a un’antinomia. Il campo quantistico (il noumeno) opera interazioni responsabili dei fenomeni percepiti sensorialmente; e la volontà del soggetto – l’operatività della sua mente – dipende da quelle interazioni, proprio come qualsiasi altro fenomeno dipende da esse stesse.

Una riflessione sulla follia (per liberarsi di Schopenhauer e del buddhismo) conduce a considerazioni simili a quelle della fisica. La *volontà* del folle consente al soggetto folle di

19 Trad. mia dal ted.: “Così noi spiriamo, affinché indivisi, uniti eternamente, senza fine”.

20 Cfr. Paul Dumouchel (1999) per un saggio sulla socialità del corpo e sul suo significato emotivo e comunicativo.

percepire e di *rappresentare* una realtà difforme da quella “normale” (condivisa dalla maggioranza degli individui) o, invece, è proprio l'*assenza di volontà* che distorce la percezione del soggetto folle? Il secondo caso (la realtà come entità indipendente dalla volontà) confermerebbe che la percezione e la volontà – le oggettivazioni comportamentali dell'Io – dipendano da un'“energia” (noumeno) presente tanto nel soggetto quanto negli oggetti (fenomeni), ma indipendente da essi e indivisa, responsabile della loro manifestazione ($\infty = \infty/x$ per tornare a Leibniz); mentre il primo caso (la volontà che distorce la realtà) confermerebbe la compartecipazione di rappresentazioni (fenomeni) divergenti e sovrapposti nello stesso *continuum*, che perciò risulterebbe più complesso delle sue rappresentazioni singole e, soprattutto, che risulterebbe inaccessibile nella sua interezza complessa ($x/\infty \approx 0$).

2.3. Gli illuminati

Richard Wagner (1859) tradusse nel dramma su *Tristano e Isotta* il pensiero di Schopenhauer, riconducendolo alla dialettica dualista tra regime diurno e regime notturno, che poi Gilbert Durand avrebbe sviluppato per fondare l'archetipologia. La luce “irradia” il noumeno e svela il mondo fenomenico, ma impone distinzioni, giudizi e ipocrisie; differenzia i soggetti dagli oggetti e introduce discontinuità disarmoniche nella continuità compatta del noumeno; impone un ordine arbitrario all'entropia naturale; mentre la notte – la morte – riconduce ogni fenomeno all'esistenza noumenica dell'unione indistinta, della confusione entropica. Durand (1963/2009) parlerebbe di un regime diurno, che veicola i simboli della separazione e della partizione (armi, fuoco, lame, scettri, ecc.), contrapposto a un regime notturno, che veicola i simboli della sintesi e della confusione (pesci, liquidi, grotte, capigliature, ecc.). Wagner fa spiegare a Tristano (ca. metà del secondo atto) che la luce distingue gli oggetti, ma produce le ombre; appalesa il fenomeno, ma frammenta (distorce) il noumeno; mentre il buio mantiene il noumeno compatto, benché impedisca l'espressione del fenomeno (Magee 2002: 216-219). E anche Matte Blanco (1975/2000: 315-319) ha sviluppato una teoria dell'inconscio coerente con la diade luce/buio – pur senza fare alcun riferimento a Durand –, capace di svelare il significato buddhista del concetto di *illuminazione*; vocabolo usato forse per questa sua valenza primaria come traduzione del sanscrito *bodhi* ('risveglio', 'saggio', 'consapevole').

Il riferimento metaforico a luce ed ombra ricorre tanto nella filosofia cinese (con *yin*, 'in ombra', e *yang*, 'illuminato') quanto in quella buddhista (tanto nella tradizione tibetana del *Bardo Tödröl Chenmo*, la 'liberazione suprema tramite l'ascolto nello stato intermedio', con la luce che la coscienza dovrebbe seguire subito dopo la morte, per liberarsi dal dolore buio della reincarnazione, quanto con l'“illuminazione” spirituale che si può raggiungere in vita, meditando nel buio della coscienza) quanto in quella occidentale mitteleuropea (con Wagner, Schopenhauer e Durand, appena citati, ma già prima con la tradizione cattolica di preghiere come quella per invocare l'“eterno riposo” dei morti nella “luce perpetua”) e in quella scientifica moderna (con lo studio dei fotoni, della velocità della luce e degli ologrammi come mezzi di comprensione della struttura dei campi elettromagnetici e quantistici).

La cultura scientifica ha estrinsecato (e continua a esprimere) la logica del “regime diurno” nell'arco del suo progresso. Per es., il concetto di *velocità* (v) – fondamentale per la fisica – dimostra quanto il pensiero occidentale dipenda dal bisogno di partizionare elementi continui, frammentandoli, suddividendoli, separandoli, estraendone porzioni. Si consideri la definizione classica – e fondamentale in fisica – della *velocità* (2.4):

$$[2.4] \quad v = \frac{s}{t}$$

Il risultato della divisione $velocità = spazio / tempo$ calcolata dall'eq. 2.4 significa che ogni unità di tempo (t , che l'operazione di divisione riduce a 1) consente di percorrere una certa distanza (s): la velocità (v) di un corpo equivale alla distanza media percorsa nello spazio (s) in una unità di tempo (t). La grandezza v risulta come il *rapporto* – una frazione, una *ratio* – delle altre due grandezze (s e t), cosicché definire una di quelle grandezze in termini delle altre (per es., lo *spazio*) implica scrivere l'eq. 2.5:

$$[2.5] \quad s = tv$$

La 2.5 si scrive moltiplicando per t entrambi i membri dell'eq. 2.4. Ma questa definizione di *spazio* (s) risulta insoddisfacente perché dipende dalla *velocità* che, a sua volta, dipende dallo *spazio* e dal *tempo*. Perciò nell'eq. 2.5 bisognerebbe sostituire la *velocità* con la sua definizione primaria ($v = s/t$) e riscrivere la definizione di *spazio* in forma implicita:

$$[2.6] \quad s = t \frac{s}{t}$$

L'eq. 2.6 dimostra una coerenza formale (la funzione restituisce $s = s$), ma risulta circolare semanticamente perché ogni termine rimanda all'altro, come stabilisce il paradosso di Jules Richard (1905), secondo cui un elenco di definizioni linguistiche non basta per definire un sistema linguistico perché ogni definizione dell'elenco usa altri elementi definiti nell'elenco stesso, cosicché una parola, presto o tardi, definisce se stessa. Scrivere che il tempo dipende dallo spazio (eq. 2.6) impone una ridefinizione matematica:

$$[2.7] \quad t = f(s)$$

L'eq. 2.7 indica che il *tempo* (t) è *funzione* (f) dello *spazio* (s), e implica che la misurazione della velocità comporti una tautologia perché la velocità (eq. 2.4) pone lo spazio in relazione al tempo ($v = s/t$), che a sua volta dipende dallo spazio secondo l'eq. 2.7:

$$[2.8] \quad v = \frac{s}{f(s)}$$

La circolarità insita nella definizione 2.8 rivela il rapporto semantico che ogni cultura intrattiene col tempo, che significa generalmente la ciclicità di qualche evento, come ribadì anche Einstein (1905a: 893-894).

La considerazione appena svolta rispetto alla velocità dimostra come la definizione di qualsiasi grandezza dipenda da un atto di misurazione²¹, che consiste per sua stessa definizione in un atto di frazionamento, di divisione, di partizione; perché bisogna suddividere una continuità complessa (bisogna introdurre interruzioni artificiali o culturali) per poter misurare quel *continuum*; cosicché il risultato della misurazione dipende dalla complessità della divisione operata (il risultato cambia in funzione del modello), come ha chiarito Lewis F. Richardson (1961), che rilevò discrepanze notevoli nelle misurazioni – svolte da istituzioni diverse – circa la lunghezza della costa britannica. Benoit Mandelbrot (1967)

21 Ogni misurazione (del tempo, del volume, del peso, ecc.) dipende dalla misurazione primaria dello spazio. Tutte le misurazioni del tempo dipendono dallo spazio perché ogni unità temporale fa riferimento a un fenomeno spaziale osservabile in natura (Rossi 2018a), come confermava anche Herbert H. Clark (1973: 48-52, 57) in termini linguistici.

dimostrò che la lunghezza cresce al diminuire della scala di riferimento usata per misurare uno spazio. Le unità di misurazione dello spazio consistono in segmenti rettilinei che approssimano (necessariamente) le curvature naturali (per es., di una costa geografica); cosicché l'approssimazione diminuisce al diminuire della lunghezza dell'unità di riferimento; fino alla conseguenza paradossale che la lunghezza tende all'infinito (il *continuum* indivisibile), se la scala tende alla dimensione infinitesima (rappresentata dallo zero), come stabilisce l'eq. 2.3: e già Leibniz (1686a) aveva rilevato questa possibilità.

La mente umana può comprendere il *continuum* spazio-tempo (il noumeno kantiano incommensurabile) solo imponendo distinzioni arbitrarie (come il metro, la iarda, la versta, ecc.) che consentano di manipolare fenomeni (resi) commensurabili (ma che partecipano a una continuità indivisa).

Il “regime diurno”, la luce – che Wagner (1859) introdusse nella dialettica illuminista come espediente artistico, come metafora – avrebbe giocato un ruolo determinante nell'evoluzione della riflessione filosofica e scientifica con la scoperta dell'olografia da parte di Dennis Gabor (1948) perché proprio un uso specifico della luce – come discusso al cap. 5 – avrebbe consentito di dimostrare la possibilità “olonomica” di usare “la parte per il tutto”; di estrarre un'informazione complessa da una sua porzione ridotta (una funzione che caratterizza le forme frattali); di sintetizzare lo scorrimento del tempo intero in un attempo isolato da quel *continuum*.

*Space and time are characteristics of experience only, and therefore can exist only in the empirical world. [...] So, argued Schopenhauer, outside space and time, everything must be one and undifferentiated [...] the noumenon and the phenomenon are the same reality apprehended in two different ways*²² (Magee 2002: 162-163).

Wagner implicò nella tessitura musicale stessa di *Tristano e Isotta* la teoria di Schopenhauer sull'“ambivalenza” della realtà; sulla sua incomunicabilità intrinseca:

*conventional analysis becomes arbitrary: if one insists on parsing each chord in relation to a key then one puts oneself in a position of having to say that the music [of Tristan] is changing key in every bar, sometimes more than once in a bar, so that there is no key that a passage is 'in'*²³ (Magee 2002: 209).

L'esperienza estetica di Wagner ha preannunciato la logica scientifica di Max Planck (1900), secondo cui l'analisi infinitesimale delle particelle elementari deve considerare una variazione continua di frequenza (per cui è necessario ricorrere al concetto di *onda* introdotto al cap. 4), di “accordi” per Magee (cit.); una variazione che però procede per quote discrete, per “quanti”, per unità di misurazione minimali o infinitesimali: le note che, nel discorso di Magee, consentirebbero al musicista di determinare la tonalità dei passaggi musicali.

La musica (come anche la danza o il teatro o il cinema) rappresenta una condizione d'impermanenza perenne perché i suoi segni linguistici – suoni o immagini, sequenze di gesti, espressioni, ecc. – svaniscono nel passato e perciò pretendono dal fruitore un coinvolgimento e uno sforzo mnemonico (Patel 2008: 106-117) più intensi di quelli pretesi dalla pittura, dalla fotografia, dalla scultura, dalla letteratura o dall'architettura, di cui il fruitore può recuperare a piacimento i segni, in qualsiasi momento (Rossi 2019: 26). La musicalità di una frase (cantata o parlata) o la velocità di esecuzione di un'azione scenica

22 Trad. mia dall'ingl.: “Spazio e tempo sono caratteristiche della sola esperienza, e perciò possono esistere solo nel mondo empirico. [...] Così, concluse Schopenhauer, al di là dello spazio e del tempo, tutto deve essere unico e indifferenziato [...] il noumeno e il fenomeno sono la stessa realtà colta in due modi diversi”.

23 Trad. mia dall'ingl.: “l'analisi convenzionale diventa arbitraria: se uno insiste a confrontare ogni accordo con una tonalità allora si mette in condizione di dover dire che la musica [del *Tristan*] cambia tonalità in ogni misura, anche più volte in una misura, cosicché nessun passaggio ha una tonalità propria”.

implica un rapporto col tempo che qualifica il significato dell'esperienza. E la scienza si è concentrata enormemente sulla definizione del rapporto tra tempo e spazio, come si vedrà al cap. 3.

Bergson (1896/2013) problematizzò la relazione tra “materia e memoria”, tra l'informazione e il tempo, di cui ha introdotto una concezione olografica *ante litteram*, secondo Robbins (2006). Pensare il tempo implica pensare lo spazio: ciò che occupa un certo spazio in un certo istante può occupare un altro spazio solo in un altro istante. Così Herbert H. Clark (1973) ha dimostrato come i bambini costruiscano linguisticamente i concetti temporali in funzione di quelli spaziali; e Hall/Bodenhamer (1997: 176-178) hanno descritto i processi mentali responsabili della codifica neurosensoriale del tempo in termini di spazio: da sinistra verso destra o dall'alto in basso per la modalità *through time* (ingl., ‘attraverso il tempo’, rappresentato come uno spazio dissociato dal soggetto) e da dietro in avanti per la modalità *in time* (ingl., ‘nel tempo’, rappresentato come uno spazio occupato dal soggetto). Il tema degli oggetti dislocati differentemente nello spazio-tempo implica la manipolazione e la trasformazione dell'intero *continuum* spazio-temporale. La mente, tramite la memoria, ricostruisce la relazione tra configurazioni diverse del *continuum* (il campo) e restituisce all'esperienza la continuità di frammenti (stati del campo) isolati:

se si considera un luogo qualunque dell'universo, si può dire che l'azione dell'intera materia vi passa senza resistenza e senza dispersione, e che la fotografia è completamente translucida: manca, dietro la lastra, uno schermo nero sul quale si staglierebbe l'immagine. Le nostre “zone di indeterminazione” svolgerebbero in qualche modo la funzione dello schermo (Bergson 1896/2013: 30).

Il frammento appena citato spiega poco della filosofia di Bergson, ma restituisce un lessico che anticipa quello della meccanica quantistica: dalla “dispersione”, che scompone un'onda radioattiva in fasi differenziate, all'“indeterminazione”, che per Heisenberg (1927) qualificò la rinuncia della fisica al determinismo. L'indeterminazione di Bergson significa proprio l'impossibilità di determinare (o di estrarre dalla realtà) informazioni “attuali”, che invece risultano come dati “inscritti” nella memoria e recuperati da essa in qualità di rappresentazioni mentali: l'indeterminazione del filosofo francese significa l'impossibilità per un soggetto di determinare un'informazione nel tempo stesso in cui l'informazione emerge dalla realtà perché, tra l'estrazione dell'informazione e la sua apprensione da parte del soggetto, trascorre il tempo necessario al soggetto per elaborare la percezione sensoriale (fisiologica) e per elaborare la sua conseguente rappresentazione mentale (psicologica), che l'Io recupera e ri-flette (sempre) in ritardo rispetto al fenomeno in sé (come indicano le curve tratteggiate che dai punti A e B “tornano” verso la retta della cognizione nella fig. 2.2). Insomma, ogni informazione sarebbe un testo “scritto” (nella memoria neurale) e perciò “passato” (rispetto ai fenomeni temporalmente localizzati): ogni soggetto vive nel passato e confonde il passato col presente, circondato da oggetti che *relativamente al soggetto* (in termini di relatività einsteiniana) è come se fossero posti nel futuro.

Ogni percezione del presente risulta in ritardo – anche se solo per frazioni di secondo – rispetto alla manifestazione della realtà che ha innescato quella percezione. Ma proprio la persistenza del passato consente la percezione (illusoria) dell'identità. La memoria ri-apprenderebbe continuamente i frammenti del “testo” informativo acquisito sensorialmente dal soggetto: un insieme che Bergson immaginava come un cono (quello della fig. 2.3), anticipando le rappresentazioni grafiche dello *spazio-tempo di Minkowski* (1909). La memoria identificherebbe la percezione presente (al vertice del cono nella fig. 2.3) ri-attualizzando ad ogni istante (nel presente) i ricordi passati (il cono stesso della fig. 2.3); riscrivendo incessantemente i ricordi e riscrivendo incessantemente il proprio schema, che ricorre e, anzi, si fortifica con ogni riscrittura.

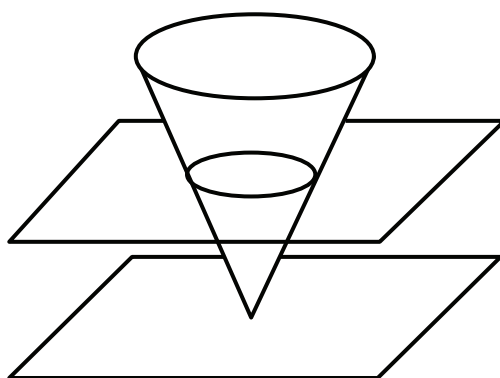


Fig. 2.3. La struttura della memoria secondo Bergson (1896/2013: 128-145).

Robbins (2006) ha notato come Bergson abbia preconizzato le teorie olografiche e frattali della mente (qui accennate al cap. 5) proprio perché la sua filosofia implica la riproduzione di una struttura: uno “schema” (in ingl. *pattern*, come ha spiegato Penrose 1994/2005: 13-14) persistente ad ogni livello dell’analisi soggettiva.

La teoria di Bergson sopravvive anche nelle teorie neurolinguistiche sulla *mappa del mondo* di Korzybski (1933), di Bandler/Grinder (1975) e di Hall/Bodenhamer (1997), per cui ciascun individuo userebbe una rappresentazione mentale – neurosensoriale, basata sulle proprie percezioni – per orientarsi (agendo) nella realtà circostante. Il piano disegnato nella fig. 2.3 schematizza la mappa, la “rappresentazione dell’universo” (Bergson 1896/2013: 128) in base a cui la memoria ri-apprenderebbe se stessa, concentrandosi nel presente (al vertice dove tutti i ricordi vengono scartati) o ri-esplorando porzioni del passato (la sezione trasversale dove i ricordi confluiscono nella ri-costruzione della mappa).

Anche il sapere collettivo asseconda lo schema rappresentato nella fig. 2.3 perché la collettività opera e si orienta – regola l’*agency* (ingl., ‘capacità di agire’; cfr. Archer 2000) – in relazione ai “testi” che hanno composto e che compongono la memoria collettiva. Perciò la socialità si può considerare come un’espressione frattale del “sistema individuo”, che a sua volta riedita il “sistema cellulare”, che riedita quello “atomico”, ecc., in un quadro di corrispondenze biunivoche tra livelli diversi della materia e relazioni (frazioni) tra elementi lessicali di un linguaggio, come già spiegato al cap. 2 sul *DNA*.

La possibilità intellettuale introdotta da Bergson – e intuita anche da Wagner (1882) quando il suo Gurnemanz spiega che Parsifal ha l’impressione di percorrere un lungo cammino in pochi passi perché “*Raum wird hier die Zeit*”²⁴ – implica la necessità di comprendere uno scorrimento a doppio senso del tempo implicato in ogni fenomeno²⁵; ma lo si può fare solo comprendendo la logica matematica, adottata in Occidente a partire dall’epoca della rivoluzione scientifica.

24 Trad. mia dal ted.: “spazio diventa qui il tempo” o, più liberamente, “il tempo qui diventa spazio”.

25 Cfr. Fantappié (1944/2011) e le conclusioni di questa ricerca.

3. Fisica dei corpi

Molto probabilmente alcune culture primitive possiedono delle nozioni paragonabili alla concezione della relatività di Einstein, ma le loro nozioni non sono riuscite ad effettuare le trasformazioni cui ha portato la concezione di Einstein (Matte Blanco 1975/2000: 136).

3.1. Newton e le alte sfere

Benché sia stato Galileo Galilei a introdurre il metodo scientifico nel pensiero occidentale nel XVII sec., la *legge di gravitazione universale* rilevata da Isaac Newton (1687) ha dato impulso allo sviluppo della fisica moderna, come testimonia, per es., Penrose (1994/2005: 217) quando ricorda che la costante gravitazionale serve a calcolare la lunghezza di Planck (la distanza minima misurabile in natura di cui all'app. 2) e il tempo di Planck (l'intervallo di tempo più breve misurabile), oltretutto a spiegare la teoria della relatività generale. La "forza di attrazione" che i corpi esercitano gli uni sugli altri (dalle stelle ai pianeti, come anche gli oggetti comuni e le particelle elementari) sembra coinvolgere tutti i fenomeni naturali.

Newton definì la legge di gravitazione universale sviluppando un principio della dinamica, partendo da un'osservazione empirica: chi volesse spostare orizzontalmente un corpo dovrebbe applicare alla massa di quel corpo (m) una forza (F) di spinta o di trazione¹; e potrebbe spostare quel corpo (m) a una certa velocità ($v = s/t$ secondo l'eq. 2.4), a seconda dell'intensità della forza (F). Perciò la forza determina anche l'accelerazione (a) del corpo (m). Il *secondo principio della dinamica*² di Newton si riassume con l'eq. 3.1:

$$[3.1] \quad F = ma$$

Il linguaggio matematico sintetizza un concetto complesso, che ne coinvolge altri. La forza (F) equivale (=) al rapporto compositivo tra la massa (m) e l'accelerazione (a), cosicché la forza (F) risulti come un *rapporto puro*, anziché qualcosa *in sé*: una certa distanza (s), percorsa da un certo corpo (m) in un certo lasso temporale (t). Lo si può capire meglio, se si pensa che l'accelerazione (a) rappresenta la variazione della velocità (Δv) in un certo lasso di tempo (Δt):

$$[3.2] \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

La formula 2.4 ($v = s/t$) consente di precisare la 3.2 come la 3.3 seguente:

$$[3.3] \quad a = \frac{\frac{\Delta s}{\Delta t}}{\Delta t}$$

-
- 1 Una trazione dipende sempre da una spinta: per es., una persona che tira una fune con le braccia (in direzione \rightarrow) fa leva sulle gambe (spingendo con esse in direzione \leftarrow); oppure una locomotiva che traina un vagone (in direzione \rightarrow) esercita con le ruote una forza di spinta (in direzione \leftarrow) sui binari. Olinto De Pretto (1904) e Albert Einstein (1916) avrebbero usato questa logica per trasformare l'idea newtoniana di una forza di attrazione in una forza di spinta (cfr. il cap. 3.2).
 - 2 Il *primo principio della dinamica* di Newton (1687) – che lo attribuì a Galilei (1632) – statuisce che un corpo mantiene il proprio stato di quiete (o di moto rettilineo uniforme) finché una forza (F) non agisce su di esso.

L'eq. 3.3, che precisa la frazione della 3.2 con la definizione 2.4, si può riscrivere come un prodotto perché una qualsiasi divisione (per es., x/y) equivale alla moltiplicazione di due divisioni ($x/1 \times 1/y$):

$$[3.4] \quad a = \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\Delta t}$$

Il prodotto dell'eq. 3.4 ($1 \times \Delta s = \Delta s$ al numeratore e $\Delta t \times \Delta t = \Delta t^2$ al denominatore) restituisce una riscrittura ulteriore della 3.2, conservandone il significato originario:

$$[3.5] \quad a = \frac{\Delta s}{\Delta t^2}$$

L'eq. 3.5³ può precisare ulteriormente le due variazioni ($\Delta s = s_1 - s_0$ al numeratore e $\Delta t = t_1 - t_0$ al denominatore; dove i numeri scritti in pedice rappresentano due istanti temporali diversi):

$$[3.6] \quad a = \frac{s_1 - s_0}{(t_1 - t_0)^2}$$

Le due sottrazioni dell'eq. 3.6 si possono esprimere in forma semplificata perché la differenza (il risultato) della sottrazione è sempre un valore assoluto (s e t):

$$[3.7] \quad a = \frac{s}{t^2}$$

L'eq. 3.7 (che riscrive la 3.2, conservandone il significato) si può integrare nella 3.1 per precisare la formula della forza (F):

$$[3.8] \quad F = m \frac{s}{t^2}$$

L'eq. 3.8⁴ significa l'astrazione implicita di un'esperienza pragmatica. Il fatto che un corpo (m) percorra un certo tragitto (s) in una certa unità di tempo (la divisione risolve $t^2 = 1$), solo se una forza agisce su quel corpo, significa che quel corpo occupa un'estensione spaziale variabile (Δs): si possono sommare tutte le posizioni spaziali occupate da quel corpo in quel lasso temporale; e ripetere un'addizione significa moltiplicare (m per s nell'eq. 3.8) o comporre la quantità di spazio occupato dalla massa nel corso del tempo. Il quadrato del tempo (t^2), tra l'altro, implica un'equazione di secondo grado con soluzioni

3 La formula dell'accelerazione (a) è la *derivata seconda* della velocità (v) perché l'eq. 3.4 si potrebbe scrivere: $a = \frac{\partial s}{\partial t} \cdot \frac{\partial}{\partial t}$; e la 3.5 si scriverebbe: $a = \frac{\partial^2 s}{\partial t^2}$. Una derivata seconda è la derivata prima della

derivata prima: misura la variazione della derivata prima in funzione di t – anziché di ∂t – perché la derivata prima ($\partial s / \partial t$) restituisce la variazione (∂s) rispetto a t ($\partial t = t - t_1$); la derivata della derivata analizza l'andamento della funzione (∂s) all'attimo t rispetto a cui già la derivata prima ha restituito un risultato ($\partial s / \partial t$); perciò sarebbe insensato calcolare un ∂t ulteriore e ci si limita a derivare la seconda volta per t .

4 La forza (F) si esprime in newton (N), l'unità di misura che indica quanto si sposta la massa (m) nello spazio (s) in un secondo quadrato (t^2). Un newton (N) si calcola come chilogrammi (Kg) per metri (m) diviso (\div) secondi quadrati (s^2): $N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (le divisioni si possono esprimere come potenze negative).

positive e negative: la presenza di due soluzioni già introduce l'idea di una sovrapposizione di stati, tipica della meccanica quantistica, come si vedrà meglio al cap. 4.

Ogni forza, a sua volta, dipende da una catena – potenzialmente infinita – di reazioni, cioè da una catena di forze che agiscono su masse dislocate nello spazio e nel tempo: il calcolo infinitesimale di Leibniz (1686a; 1692) consente proprio di ridurre la scala di riferimento con cui analizzare ogni forza; di “derivarne” sempre più minuziosamente il comportamento, come fanno la fisica delle particelle e la meccanica quantistica nel tentativo di individuare l'origine (sempre più) nanoscopica di quelle forze.

La massa di un piede che esercita una certa forza su una sfera, calciandola, si muove in funzione di un'altra forza che controlla il piede, e che dipende da altre forze che controllano i muscoli e le cellule e le molecole; e così via, fino a ricondurre l'essenza del moto alla massa – di corpi sempre più grandi o sempre più piccoli, a seconda della direzione scalare dell'analisi – e allo spazio – sempre più vasto o sempre più esiguo – che quei corpi occupano.

Massa e spazio sono i *referenti* primari per l'esperienza umana: sollecitano i cinque sensi nel pensiero kantiano, citato al cap. 2. Invece, la forza è un'intuizione dell'intelletto, un rapporto, una funzione, un'espressione deducibile dal comportamento dei corpi (i fenomeni kantiani), ma intangibile (come il noumeno). La forza è qualcosa che agisce – che opera – ma che non vediamo: crediamo che esista come i primitivi melanesiani credevano che il *mana* consentisse di esercitare la magia. Newton rilevò una legge pragmatica (fisica), inaugurando un sistema di pensiero (una filosofia) capace di dimostrare l'insistenza del noumeno nei fenomeni; e implicando l'ordine macroscopico (celeste) in quello microscopico (terrestre) e viceversa (perché i pianeti e le mele si comporterebbero allo stesso modo), fino al limite (infinitesimale) oltre cui la scienza ha dovuto elaborare sistemi “altri”, come quello della meccanica quantistica, capaci di attribuire significati umanamente commensurabili a corpi incommensurabili, con massa nulla o infinita.

L'eq. 3.1 indica che la massa (m) rappresenta la resistenza di un corpo all'accelerazione (a): una forza accelera più facilmente un corpo con massa scarsa, rispetto a un corpo con massa ingente. Un corpo inerte (fermo, con $a = 0$) esclude la presenza di una forza ($F = ma = m0 = 0$); come la esclude anche un corpo ipotetico privo di massa ($m = 0$), benché accelerato ($F = ma = 0a = 0$)⁵.

Chi osservasse una mela cadere da un albero verso terra (come sembra che fece Newton⁶) dedurrebbe che la mela (con massa m) subisca l'effetto di una forza (F) verticale identica a quella esaminata per il moto orizzontale⁷. Del resto, la mela accelera durante la caduta al crescere della distanza che la separa dal suolo: cade sempre più velocemente; cioè accelera al ridursi della distanza. Tutti i corpi presenti sul pianeta Terra si comportano come quella mela. Perciò Newton dedusse che il pianeta Terra attraesse verso di sé tutti i corpi con massa inferiore alla propria e, per estensione, dedusse che qualsiasi corpo attraesse a sé i corpi di massa inferiore alla propria.

La forza di attrazione dipende tanto dal rapporto tra le masse dei corpi (m) quanto dalla distanza (s) che separa i (centri dei) corpi. La mela continuerebbe a cadere verso il basso, se il terreno fosse “bucato” (per es., dentro un pozzo); continuerebbe ad accelerare, se continuasse a cadere al di sotto della crosta terrestre. Perciò Newton pensò che la Terra

5 Il fotone costituisce un'eccezione: Einstein (1905c), come spiegato al cap. 4, dimostrò come la massa nulla del fotone eserciti una forza, che dipende solo dalla velocità costante della luce. Il fotone è considerato il quanto del campo elettromagnetico perché la velocità della luce (c) media la trasmissione delle onde nel campo, come spiegato all'app. 4.

6 La Royal Society ha divulgato una biografia di Newton manoscritta da Stukeley (1752) che confermerebbe l'episodio in cui il fisico assistette alla caduta di una mela da un albero.

7 Di conseguenza, il picciolo della mela eserciterebbe una forza uguale e contraria a quella che attira la mela verso terra, almeno finché la maturazione non indebolisce la forza del picciolo e fa cadere la mela.

dovesse attrarre i corpi verso il proprio centro, lungo il proprio raggio geometrico (r)⁸; cosicché la forza di attrazione (F) si dovrebbe “irradiare” dal centro della Terra e dovrebbe intercettare tutti i corpi lungo le “proiezioni” dei suoi raggi geometrici (r)⁹. Tutto il ragionamento scientifico ricalca fedelmente le intuizioni del pensiero magico, che immagina forze ed energie invisibili, capaci di operare a distanza tra corpi indipendenti l’uno dall’altro (cfr. i resoconti di Hubert/Mauss 1903).

La massa dei corpi (più piccoli della Terra) accelera la loro velocità di caduta al crescere della distanza che li separa dal centro del pianeta (approssimata come r)¹⁰: la forza di attrazione del corpo più grande (la Terra) produce un’accelerazione (a) *centripeta* (‘che tende verso il centro’) sul corpo più piccolo, man mano che la distanza tra i due corpi aumenta. La distanza – la lunghezza del raggio (r) terrestre entro cui agisce la forza centripeta – accelera la velocità di caduta del corpo, accresce la forza (F) nel corso del tempo (t): l’eq. 3.8 significa (anche) questo.

Il ragionamento si può estendere a livello macroscopico: la Luna ha una massa superiore a quella della mela o di qualsiasi altro corpo terrestre ($m_L > m_X$), ma ha una massa inferiore a quella della Terra ($m_L < m_T$); e la Luna si trova molto più distante dal centro della Terra, rispetto alla mela o ad altri corpi terrestri; e la Luna non cade sulla Terra perché la massa della Terra esercita un’attrazione debole sulla massa della Luna alla distanza che separa i due corpi ($s > r$), rispetto all’attrazione che la massa della Terra esercitata sulla massa di un corpo terrestre alla distanza r ; e la Luna non si allontana dalla Terra perché nessuna forza (superiore a quella gravitazionale) opera in senso contrario alla forza di attrazione gravitazionale esercitata dalla massa terrestre.

La massa (m) contribuisce all’attrazione gravitazionale (F) insieme alla distanza (r)¹¹. La Luna rivoluziona intorno alla Terra proprio grazie all’attrazione gravitazionale: la Luna subisce un’accelerazione rettilinea (come quella che sposta un pallone colpito da un calciatore), il cui impulso potrebbe risalire a qualche fenomeno violento avvenuto qualche milione di anni fa¹²; la forza di attrazione esercitata dalla Terra sulla Luna curva quella traiettoria rettilinea (come una corda che legasse il pallone a un palo); e, d’altro canto, il moto rettilineo della Luna compensa l’attrazione gravitazionale, impedendo al satellite di colpire il pianeta; anzi, fa rivoluzionare la Luna intorno alla Terra.

- 8 La formula per calcolare una circonferenza ($C = 2\pi r$) consente di calcolarne anche il raggio ($r = C/2\pi$). Perciò il raggio terrestre (r) equivale al suo rapporto con l’equatore (la circonferenza, $C = 40.075\text{Km}$): $6.378\text{Km} \approx 40.075\text{Km}/2\pi$. Il risultato della divisione approssima (\approx) la lunghezza del raggio terrestre perché il pianeta ha la forma *quasi* sferica di un ellissoide; più precisamente, la forma di uno *sferoide oblatto*.
- 9 Il rapporto tra la Terra e gli oggetti che essa ospita impone di sostituire formalmente la variabile s (spazio) con la r (raggio), ma è evidente che entrambe indicano uno *spazio* (perciò $r = s$).
- 10 L’approssimazione è giustificata dal fatto che l’aggiunta di qualche chilometro (per es., gli 8.848m del monte Everest) al raggio terrestre (6.378.000m) influisce ben poco sulla capacità di resistenza di un corpo alla forza gravitazionale.
- 11 La mela subisce l’attrazione esercitata dalla massa della Terra (m_T), ma la Luna subisce l’attrazione esercitata dalla massa della Terra *e* di tutti i corpi ($m_1+m_2+\dots+m_n$) che giacciono sulla Terra e che così ne accrescono la massa. Perciò si può pensare che una massa esigua (m_2) cresca dopo averne attratta una più piccola (m_1) e che la massa risultante da quelle due ($m_3 = m_1+m_2$) accresca la capacità di attrazione della massa originaria ($m_3 > m_2$). Perciò la massa complessiva dell’universo dovrebbe tendere ad aggregarsi nel tempo, a meno che lo spazio non fosse sufficientemente ampio da consentire distanze tali da eludere la forza di attrazione delle masse crescenti (F_N); oppure a meno che una forza superiore a quella centripeta di attrazione ($F_Z > F_N$) non tendesse a separare le masse, come farebbe la forza centrifuga (espansiva) del *Big Bang* (Lemaître 1927; 1931).
- 12 L’inerzia del moto satellitare (che conserva l’andamento della Luna da milioni di anni) dipende dalla condizione di vuoto in cui si muovono i corpi celesti – che impedisce la decelerazione, non opponendo resistenze (come quella dell’aria) ai corpi – e dall’intensità fortuita della forza propulsiva che ha proiettato la Luna nello spazio vuoto (un’accelerazione meno intensa avrebbe fatto prevalere la forza gravitazionale, inducendo la Luna a schiantarsi contro la Terra).

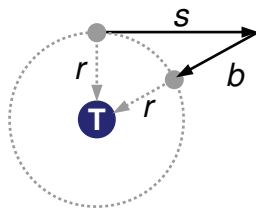


Fig. 3.1. Attrazione gravitazionale e moto circolare.

La fig. 3.1 mostra che la Luna (il corpo piccolo in orbita attorno al corpo grande, T) si muoverebbe in linea retta (s), senza la forza gravitazionale esercitata dalla Terra, che attira la Luna verso il centro del pianeta lungo il raggio (r), alterando – curvando – il moto rettilineo (s). L'alterazione (b) del moto orizzontale (s) – esercitata continuamente dalla forza centripeta – genera il moto circolare della Luna che orbita intorno alla Terra. E l'alterazione b si può calcolare geometricamente usando il teorema di Pitagora¹³, formulato nell'eq. 3.9.1:

$$[3.9.1] \quad (b+r)^2 = r^2 + s^2$$

Considerato che il modello planetario evolve nel tempo (t), la distanza (s) si può descrivere con l'eq. 2.5: $s = tv$. Perciò il teorema di Pitagora (eq. 3.9.1) si riscrive come l'eq. 3.9.2, che a sua volta si riscrive ulteriormente (eq. 3.9.3), esplicitando il quadrato della somma (tra parentesi)¹⁴ al membro sinistro:

$$[3.9.2] \quad (b+r)^2 = r^2 + t^2 v^2$$

$$[3.9.3] \quad b^2 + 2br + r^2 = r^2 + t^2 v^2$$

L'incognita b si esplicita per riscrivere l'eq. 3.9.3 come la 3.9.4, che poi diventa la 3.9.5 (operando la sottrazione $r^2 - r^2$):

$$[3.9.4] \quad b^2 + 2br = r^2 - r^2 + t^2 v^2$$

$$[3.9.5] \quad b^2 + 2br = t^2 v^2$$

L'incognita b si raccoglie a fattore comune per riscrivere l'eq. 3.9.5 come la 3.9.6:

$$[3.9.6] \quad b(b+2r) = t^2 v^2$$

L'analisi dello spostamento di un corpo nello spazio ($s = tv$) per una frazione di tempo molto ridotta ($t \approx 0$) individua uno spostamento altrettanto ridotto, e l'incognita b assume un valore ancora più ridotto perché $b < s$ (come si vede nella fig. 3.1), perciò l'elemento tra le parentesi dell'eq. 3.9.6 si riduce a $b+2r \approx 2r$ e la formula pitagorica si riscrive come l'eq. 3.9.7, che poi si risolve con la 3.9.8:

$$[3.9.7] \quad 2br \approx t^2 v^2$$

13 Il teorema di Pitagora rileva che il quadrato costruito sull'ipotenusa di un triangolo (il segmento diagonale $r+b$ nella fig. 3.1) equivale alla somma dei quadrati costruiti sui cateti ($r^2 + s^2$).

14 Per la regola del quadrato dei polinomi: $(x+y)^2 = (x+y)(x+y) = x^2 + xy + xy + y^2 = x^2 + 2xy + y^2$.

$$[3.9.8] \quad b \approx \frac{t^2}{2} \cdot \frac{v^2}{r}$$

L'eq. 3.9.8 mostra che il *moto circolare uniforme* di un satellite (come la Luna) si compone di due vettori (s e b nella fig. 3.1) ed è caratterizzato dalla componente detta *accelerazione centripeta* (eq. 3.9.9) all'estrema destra dell'eq. 3.9.8:

$$[3.9.9] \quad a = \frac{v^2}{r}$$

Un corpo (come il pianeta Terra) esercita la forza attrattiva (F) dal suo centro geometrico in funzione della propria massa lungo la distanza (r) che lo separa da un altro corpo con massa minore, come la mela. Due corpi dotati di massa (x e y) e appartenenti al pianeta Terra dovrebbero fare altrettanto tra loro: quello con massa maggiore dovrebbe attrarre quello con massa minore; ma la forza attrattiva gravitazionale produce effetti significativi solo per le masse imponenti come quelle dei corpi celesti. Perciò i corpi terrestri (come la mela) si spostano in funzione della legge 3.1 ($F = ma$); mentre i pianeti e le stelle esercitano un'attrazione gravitazionale più significativa perché hanno masse imponenti e perciò seguono la *legge di gravitazione universale*, che estende il secondo principio della dinamica (l'eq. 3.1 per un corpo terrestre) al rapporto tra le masse di due corpi celesti (x e y):

$$[3.10] \quad F = G \frac{xy}{r^2}$$

L'eq. 3.10 deriva proprio dalla 3.1, integrata con la terza legge scoperta da Johannes Kepler (1619), che aveva rilevato empiricamente la costanza (k) della relazione tra il periodo (t) di rivoluzione di un pianeta qualsiasi intorno al Sole (o di un satellite intorno a un pianeta, come la Luna intorno alla Terra) e la distanza (r) tra quel pianeta e il Sole (o tra la Luna e la Terra):

$$[3.11] \quad k = \frac{t^2}{r^3}$$

La terza legge di Kepler (l'eq. 3.11), riscritta esplicitando t^2 , significa l'eq. 3.12:

$$[3.12] \quad t^2 = kr^3$$

Kepler ipotizzava che i pianeti e i satelliti percorressero orbite circolari, la cui estensione dipende dalla formula di calcolo della circonferenza (eq. 3.13.1):

$$[3.13.1] \quad C = 2\pi r$$

Nell'eq. 3.13.1 si può esprimere anche la velocità (v) – necessaria per descrivere il comportamento dei pianeti e dei satelliti nell'orbita circolare – sostituendo lo spazio della circonferenza (C) con la definizione già fornita dall'eq. 2.5 ($s = tv$), e poi esplicitandola per il tempo (t):

$$[3.13.2] \quad tv = 2\pi r$$

$$[3.13.3] \quad t = \frac{2\pi r}{v}$$

La frazione al membro destro dell'eq. 3.13.3 ($\frac{2\pi r}{v}$), opportunamente elevata al quadrato, si può sostituire al membro sinistro della 3.12 (t^2), per ottenere la 3.15.1, in cui il numero 4 e gli esponenti derivano appunto dall'elevazione al quadrato di tutto il membro frazionario:

$$[3.14.1] \quad \frac{4\pi^2 r^2}{v^2} = kr^3$$

$$[3.14.2] \quad \frac{4\pi^2 r^2}{kr^3} = v^2$$

La frazione dell'eq. 3.14.2 si semplifica rispetto a r^2 (al numeratore) e a r^3 (al denominatore), dividendoli tra loro, cosicché r^2 si riduca a 1 e r^3 si riduca a r , come nella 3.15.1.

L'eq. 3.1 ($F = ma$) compone l'accelerazione con la massa, perciò entrambi i membri (destro e a sinistra) della 3.14.2 (che descrive l'accelerazione necessaria a mantenere un corpo celeste in orbita intorno ad un altro) si moltiplicano per la massa complessiva del sistema ($m = xy$), data dal prodotto delle masse dei due corpi coinvolti nella gravitazione (x e y):

$$[3.15.1] \quad m \frac{4\pi^2}{kr} = mv^2$$

L'eq. 3.15.1 individua tre variabili (m , r , v) e tre costanti (4 , π , k) che si possono raggruppare, come mostra la 3.15.2:

$$[3.15.2] \quad \frac{m}{r^2} \cdot \frac{4\pi^2}{k} = mv^2$$

Si ottiene così, al membro destro dell'eq. 3.15.2, una nuova definizione della forza ($F = mv^2$), che due secoli dopo avrebbe interessato Einstein (1905b), come discusso all'app. 1, ma che Newton conservò nella forma dell'eq. 3.16:

$$[3.16] \quad F = \frac{m}{r^2} \cdot \frac{4\pi^2}{k}$$

Buona parte dell'eq. 3.16 implica le stesse variabili discusse nel secondo principio della dinamica con la 3.1 e la 3.8: la massa complessiva nella 3.16 e nella 3.8 (m) indica il prodotto delle masse dei due corpi celesti indicate nella 3.10 ($m = xy$); e la distanza che separa i due corpi celesti nella 3.16 e nella 3.10 (r^2) indica lo spazio nella 3.8 (s). La frazione all'estrema destra dell'eq. 3.16, invece, introduce un elemento nuovo, che esprime la costante G della 3.10: la *costante gravitazionale universale*.

La massa critica dei pianeti e delle stelle (con raggio $r \approx 500\text{Km}$) configura corpi di forma sferica perché la forza centripeta del corpo celeste vince le forze di coesione interna delle varie parti che formano il corpo stesso, comprimendole tra loro in una forma compatta e bilanciata che rappresenta la configurazione più "economica", cioè che usa la quantità minore possibile di energia per mantenere una struttura (una forma) stabile: quella

della sfera, appunto, che “reagisce” uniformemente alla compressione che lo spazio, deformato dalla massa (come avrebbe dimostrato Einstein 1915a), esercita attorno ad essa; o, secondo Newton, la forma sferica deriva dall’aggregazione della massa attorno a un punto, la cui massa esercita l’attrazione gravitazionale della materia in ogni direzione (l’irraggiamento della forza è sferico come la luce di una fiamma). Le deformazioni delle sfere celesti (per es., la Terra è schiacciata ai poli) dipendono dall’influsso delle forze gravitazionali di altri corpi celesti (presenti nelle “vicinanze”), oltretutto dalla forza centrifuga risultante dalla velocità di rotazione del corpo stesso sul proprio asse.

Qualsiasi persona sprovvista di una tecnologia avanzata avrebbe potuto sviluppare il discorso riassunto dall’eq. 3.1 alla 3.15.2 (o almeno fino alla 3.10) ben prima del XVII sec.: le sarebbe bastato usare il linguaggio matematico già disponibile allora; ma l’umanità ha dovuto attendere Isaac Newton per farlo perché le forme culturali (cfr. Dan Sperber 1996 sull’“epidemiologia” dei moduli informativi) – che si determinano col linguaggio – hanno impedito ai predecessori di Newton di giungere alle sue stesse conclusioni; come se una “cecità indotta dalle teorie” precedenti (Kahneman 2011/2018: 371) avesse imbrigliato i pensieri in schemi sclerotizzati per secoli e poi liberati da una “forza” intellettuale. Perché:

il nostro linguaggio concettuale tende a fissare le nostre percezioni, e, di conseguenza, il nostro pensiero ed il nostro comportamento. Il concetto definisce la situazione, ed il ricercatore risponde di conseguenza. [...] Nella misura in cui il suo apparato concettuale cambia, egli trae conseguenze differenti dalla ricerca empirica (Merton 1949/1968/2000: 235-236).

La scienza e l’intelletto dimostrano un legame molto stretto, che ha segnato l’evoluzione del pensiero perché i saperi dipendono dalla struttura della mente che li organizza:

le conclusioni della fisica moderna riflettono la struttura del pensiero e della logica; e si potrebbe anche dire che esse avrebbero potuto essere state anticipate nei loro tratti essenziali; se, difatti, usiamo la logica-pensiero per capire la natura, non è da meravigliarsi che troviamo in essa gli stessi elementi di cui la logica-pensiero è composta o che può conoscere (Matte Blanco 1975/2000: 432).

Le scoperte scientifiche che descrivono i fenomeni naturali riflettono la struttura della mente (intrisa di pensiero magico), che interpreta i fenomeni e li descrive *come può*, lasciandosi sfuggire qualcosa di *come sono*. L’evoluzione della mente comporta anche un’evoluzione del pensiero e delle scoperte scientifiche, che sembrano tutte riconducibili al principio duale già elaborato dalle filosofie arcaiche: un principio fondativo della mente stessa¹⁵ – perciò del linguaggio matematico già discusso al cap. 2 – come ha concluso Matte Blanco nel suo trattato sulla bi-logica. Il passaggio epocale dall’eq. 3.10 alla 3.17 – che rivoluzionò il concetto di massa – è una delle tante testimonianze in tal senso.

L’eq. 3.10 stabilisce che la forza di attrazione (F) esercitata dalla Terra sugli altri corpi risulta come il rapporto (la frazione) tra il prodotto della massa della Terra e di un altro corpo (xy) e il quadrato della distanza (r^2) che separa la Terra da quel corpo, regolato da una costante gravitazionale (G). La mela sfuggirebbe all’attrazione gravitazionale della Terra solo allontanandosi abbastanza da essa, ad una distanza (r) sufficiente ad annullare l’effetto della forza (F). Perciò un satellite artificiale gravita intorno alla Terra – anziché

¹⁵ Mi si potrebbe contestare proprio il ragionamento appena sviluppato: questa ricerca riconduce le strutture dei saperi occidentali moderni alla dualità delle filosofie arcaiche solo perché l’autore *si è abituato* a rintracciare la dualità ovunque o *vuole* rintracciarla ovunque. Ciononostante, la quantità delle fonti citate sembra confermare la bontà dell’analisi proposta.

precipitare sul pianeta – se viene posizionato alla giusta distanza (r) dal pianeta in funzione delle loro due masse¹⁶.

La *massa* (dal gr. $\mu\acute{\alpha}\zeta\alpha$, ‘pasta’) esprime la “reattività” di un corpo alle forze che lo sollecitano; cosicché un corpo con massa elevata necessita di una forza elevata per essere spostato perché la sua massa oppone resistenza a quella forza. Cioè la massa si può esprimere in funzione della forza. Un corpo che volesse sfuggire alla forza gravitazionale di un altro corpo dovrebbe esercitare una forza capace di sconfiggere la resistenza della propria massa e quella della forza attrattiva esercitata dall’altro corpo. I propulsori dei razzi che portano i satelliti artificiali in orbita sconfiggono la forza di attrazione che la Terra esercita su di loro con la sua massa e liberano i satelliti (e i propulsori) da quella forza.

Ogni corpo attrae ogni altro corpo e, al tempo stesso, subisce l’attrazione gravitazionale esercitata dagli altri corpi: ogni cosa è collegata a ogni altra cosa in una rete di interdipendenze causali impossibili da isolare, come direbbero gli induisti, i melanesiani, i taoisti e i buddhisti; come “credono” anche gli scienziati occidentali. L’impossibilità di isolare una parte dal tutto a cui essa partecipa – un’idea già nota alla filosofia arcaica e recuperata da Leibniz, come visto al cap. 2 – troverebbe riscontro nell’impossibilità di conciliare la teoria della relatività generale con la meccanica quantistica. La misurazione sperimentale della costante gravitazionale (G) restituisce sempre risultati incerti perché ogni esperimento subisce l’influenza (la distorsione) operata dagli apparati di misurazione stessi, coerentemente col principio d’indeterminazione di Heisenberg (1927) e col paradosso di Schrödinger (1935). Ogni massa esercita una forza che dipende da un’*energia* (dal gr. $\acute{\epsilon}\nu$, ‘in’, più $\acute{\epsilon}\rho\gamma\omega\nu$, ‘azione’) inclusa nella massa stessa; una “potenzialità intrinseca” (come il $q\grave{i}$ del taosimo cinese o il *mana* della magia melanesiana, l’essenza individuale, la forza vitale) che la fisica – tramite l’analisi matematica e geometrica – riconduce a un singolo punto interno a ciascun corpo: il centro che irradierebbe la forza di attrazione gravitazionale (F); la parte singola che produce un effetto sulla struttura complessiva; la monade che riflette se stessa nel *continuum*.

Tutto ciò dimostra come la scienza sembri impossibilitata (almeno per ora) a fornire spiegazioni assolute, capaci di sfuggire a una deriva magica, religiosa, mistica o, almeno, filosofica; anzi, dimostra come il tentativo di fornire spiegazioni totali – uniche – riediti proprio la struttura del pensiero magico. I concetti di energia e di forza si equivalgono per il pensiero magico e per quello scientifico proprio per la loro circolarità: rimandano a idee suggestive e simboliche che implicano un *a priori* inaccessibile.

3.2. Einstein e i mutamenti

Einstein (1905b) avrebbe fatto riferimento a quel principio di “potenza intrinseca” – l’energia che somiglia così tanto al *mana* – con la sua equazione più celebre, riconducibile alla teoria della relatività ristretta di Einstein (1905a):

$$[3.17] \quad E = mc^2$$

L’eq. 3.17 (di cui l’app. 1 spiega la derivazione) stabilisce che l’energia (E) emessa da un corpo o contenuta in esso equivale alla massa del corpo (m) accelerata al quadrato della velocità della luce (c^2): la massa subisce variazioni continue, assorbendo e rilasciando energia; una massa piccola accelerata a grande velocità può equivalere a una massa grande in stato di quiete; la massa è energia e, del resto, l’energia è massa; la massa può diventare

16 La distanza si calcola esplicitando l’eq. 3.10 per la variabile r , cosicché $r^2 = \frac{Gxy}{F}$, quindi $r = \sqrt{\frac{Gxy}{F}}$.

energia¹⁷ e l'energia può diventare massa¹⁸, come dimostrarono Cockcroft/Walton (1932a; 1932b) con i primi esperimenti sulla liberazione dell'energia nucleare.

Ma il ragionamento si comprende anche pensando alla solita mela in caduta libera che colpirebbe la testa di una persona con una forza crescente all'aumentare dell'accelerazione: la mela infastidirebbe quella persona, se cadesse da un'altezza di 2 metri; ma la ucciderebbe, se cadesse da un'altezza di 2000 metri. La *massa relativa* della mela aumenta al crescere del moto accelerato (rispetto alla massa inerte della persona ferma sotto la mela). La massa (m) aumenta al crescere dell'energia (E), espressa in termini di una velocità costante e liminale (c), cioè insuperabile come la velocità della luce:

$$[3.18] \quad m = \frac{E}{c^2}$$

La velocità della luce (c , discussa all'app. 4) serve a spiegare che la conversione di *tutta la massa* (m) in energia (E) sprigionerebbe un'energia capace di raggiungere la velocità della luce: $c^2 = E/m$; l'energia sprigionata (E al numeratore) equivale a c^2 (un valore enorme) quando la massa diventa minima (m al denominatore diventa 1); l'energia (E) aumenta sempre più quando la massa (m) si converte in energia (E); fino al limite c^2 . Perciò si pensa che *la velocità modifica la massa*.

L'idea di Einstein ha condotto i fisici a considerare le particelle atomiche come forme di energia organizzata; energia dotata di *spin* (ingl., 'rotazione' o "stato rotazionale" per Majorana 1932: 44), pur se prive di massa¹⁹; capacità intrinseca di azione potenziale; potenzialità di moto, di oscillazione, di *spin*; tutti concetti riconducibili al *mana* magico, quel potere di controllare gli eventi che sarebbe insito in ogni cosa. Per gli scienziati, le particelle sarebbero estrinsecazioni di un campo di forze elettromagnetiche, descritte da Maxwell (1865) e da Einstein (1915b; 1916). Le forze, invisibili e inaccessibili ai sensi, prescindono dalla materia (sensibile) e, anzi, la generano come "una perturbazione dello stato perfetto del campo in quel punto" (Capra 1975/2005: 248). Le particelle, da una parte, "determinano la struttura di questo spazio, mentre dall'altra non possono venire considerate come entità isolate, ma devono essere viste come condensazioni di un campo continuo che è presente in tutto lo spazio" (*id.*: 257). La relazione ambivalente tra il campo e le particelle, svelata dai fisici moderni, rievoca la relazione tra monade dominante e monadi dominate, immaginata da Leibniz, come quella tra noumeno e fenomeni, discussa da Kant e da Schopenhauer, o quella tra materia (non-locale) e memoria (selettiva), ipotizzata da Bergson (tutte già discusse al cap. 2), che ricordano tanto la relazione ambivalente tra il *mana* e la magia, cioè tra il potere e gli eventi.

Il fatto che la massa (m) – o l'energia (E) del campo organizzata nei corpi – determini la capacità di resistenza che ciascun corpo (o ciascuna particella) esercita contro la spinta esercitata dagli altri corpi spiega la differenza di peso tra i corpi voluminosi, ma con massa scarsa (come un pallone gonfio di elio), e i corpi piccoli, ma con massa ingente (come

17 Per es., una certa quantità di carbone che brucia converte *solo parte* della sua massa in energia: la combustione rompe i legami covalenti tra gli elettroni delle molecole che compongono il carbone (rompe il legame elettronico tra gli atomi) e la rottura del legame trasferisce energia fuori dal sistema (gli atomi liberati si muovono più velocemente) in forma di luce, di calore e di moto dell'aria. Tutta l'energia potenziale racchiusa nel *nucleo* di quegli atomi rimane inutilizzata: invece, l'energia nucleare deriva proprio dalla scissione o dalla fusione dei nuclei atomici; libera le particelle elementari dai legami dell'*interazione forte* che tiene insieme i protoni e i neutroni nel nucleo e trasferisce quell'energia al di fuori del sistema.

18 Per es., una certa quantità di carbone (m) rappresenta una certa quantità di energia potenziale (E) in stato inerte; un'energia materializzata nella massa.

19 È facile immaginare una massa di materia che ruota (come un pianeta), ma è più difficile immaginare l'energia pura che ruota, come un fotone.

una biglia di mercurio): il *peso* è la quantità di forza necessaria per contrastare la spinta esercitata da una massa.

L'eq. 3.18 consentì a Einstein (1915a; 1916) di introdurre la teoria della *relatività generale* e di rivoluzionare la teoria gravitazionale di Newton. Nella fisica relativistica ogni corpo curva lo spazio proporzionalmente alla propria massa perché la massa è l'espressione (fenomenica) di un'energia (noumenica); e quell'energia agisce sullo spazio che "avvolge" la massa. La curvatura dello spazio comprime – spinge – i corpi con massa minore (che curvano poco lo spazio) verso quelli con massa maggiore (che curvano di più lo spazio attorno a loro, in cui stazionano anche gli altri corpi).

Già lo aveva spiegato Olinto De Pretto (1904: 9-24), secondo cui ogni corpo subirebbe, da ogni direzione, la spinta di "linee di forza" equilibrate (per es., le frecce nel diagramma $\rightarrow\rightarrow\rightarrow A\leftarrow\leftarrow\leftarrow$), che la distanza ravvicinata tra due corpi porrebbe in squilibrio (per es., nel diagramma $\rightarrow\rightarrow\rightarrow A\leftarrow\rightarrow B\leftarrow\leftarrow\leftarrow$ le frecce interne, tra i corpi A e B, sono meno di quelle esterne), cosicché le linee di forza "esterne" spingerebbero ciascun corpo contro l'altro (per es., nel diagramma $\rightarrow\rightarrow\rightarrow AB\leftarrow\leftarrow\leftarrow$ le frecce interne soccombono a quelle esterne): la distanza ravvicinata tra i corpi sbilancerebbe l'effetto di compensazione esercitato tra le linee di forza interne (presenti nello spazio che separa i corpi) e quelle esterne (presenti intorno al sistema composto dai due corpi stessi)²⁰.

In tal modo avrebbe origine la forza che vien detta attrattiva, parola veramente non troppo appropriata, perché presuppone che si tratti di una forza propria della materia che richiama a sé altra materia, mentre invece come si vede, la materia è affatto passiva, provendo la spinta dall'esterno (De Pretto 1904: 20).

Senza questa spinta – della massa che dilata lo spazio introno a sé e, viceversa, dello spazio che comprime la massa – non ci sarebbe la forza di gravità, che ci fa percepire la pressione verticale, esercitata dall'alto verso il basso (\downarrow) contro il nostro corpo; la forza verticale responsabile della nostra percezione duale (che ci fa distinguere il sopra dal sotto²¹) e del nostro orientamento spaziale in genere (perché basta quel riferimento verticale per distinguere ciò che sta a sinistra o a destra del vettore \downarrow , e ciò che sta davanti o dietro di esso); una forza responsabile anche dell'universo simbolico che ci fa collocare idealmente i concetti di divinità e di potere al di sopra (delle nostre teste), lì da dove proviene la spinta, e che ci fa collocare i concetti di male e di perdita al di sotto (dei nostri piedi), là verso dove veniamo schiacciati ed eventualmente seppelliti.

L'agronomo vicentino aveva usato il concetto di "forza viva" introdotto da Leibniz (1686b; qui riferito all'eq. 3.41) per spiegare la stessa idea di Einstein (1905b) relativa all'energia:

Data l'enorme velocità di movimento di tali particelle, non inferiore certo a quella della luce che è di trecento milioni di metri per secondo, essendo in tal modo il termine v^2 della formula rappresentato da un 9 seguito da 16 zeri, si comprende che $m \times v^2$ cioè la forza viva di ogni singola particella, possa risultare abbastanza sensibile e che la somma di tutte le infinite spinte possa dar ragione dell'attrazione e della coesione e perciò si intuisce quanta energia si celi in questo fluido universale (De Pretto 1904: 17).

Lo spazio ospita i corpi: li avvolge. E le masse notevoli (come quelle di stelle e pianeti) curvano una porzione altrettanto notevole del campo spaziale. Per es., la luce (di una stel-

20 Le "linee di forza" descritte da De Pretto anticiperebbero anche la spiegazione che Einstein (1905d) fornì per il *moto browniano*. Robert Brown (1828) aveva osservato il moto continuo e casuale di particole di materia sospese in acqua, come grani di polline o frammenti di vetro. Einstein spiegò che quel moto dipendeva dall'interazione della materia granulare con le molecole dell'acqua in agitazione continua per il principio dell'entropia termodinamica (cfr. il cap. 4).

21 Nello spazio aperto, privo di riferimenti e dove non subiamo l'effetto gravitazionale di una massa come quella terrestre, non esistono l'alto e il basso che, per l'appunto, sono concetti relativi.

la) che attraversa una porzione di spazio curvata da una massa enorme (come quella del Sole) segue quella curvatura e cambia direzione: Dyson/Eddington/Davidson (1920) lo provarono osservando l'ammasso stellare delle Iadi (nella costellazione del Toro) durante l'eclissi solare del 29.05.1919: la posizione diurna delle Iadi nel cielo, "dietro" al Sole durante l'eclissi, risultò scostata rispetto alla sua posizione "naturale" notturna, senza l'interposizione del Sole; le Iadi occupavano la solita posizione nello spazio, ma la massa del Sole fletteva la traiettoria compiuta dalla luce emessa dalle Iadi, facendola apparire in un'altra posizione.

La spinta che lo spazio – deformato dalla massa – esercita sui corpi configura forme sferoidali (per le masse critiche con $r \gtrsim 500\text{Km}$): lo spazio avvolge uniformemente il corpo e lo comprime da ogni punto (per es., come creta compressa tra due mani) cosicché il bilanciamento della forza (l'"equilibrio" taoista) produca una forma sferica.

La massa che occupa un certo spazio – immaginato come una rete di linee di forza – altera la struttura delle linee di forza, che si dilatano intorno alla massa; cosicché la curvatura (dovuta alla dilatazione) accelera e devia i movimenti che hanno luogo vicino alla massa; movimenti più veloci rispetto a quelli che avvengono lontano dalla massa. Perciò si sa che il tempo scorre più lentamente vicino alla massa e più velocemente lontano da essa: perché l'accelerazione (a) implica un tragitto (s) più ampio nello stesso tempo (t) oppure individua lo stesso tragitto in meno tempo quando un corpo con massa minore si trova in prossimità di una massa maggiore. Il tempo rallenta in prossimità della massa perché lì l'accelerazione aumenta, e viceversa: a parità di tempo, vicino alla massa si percorre un tragitto più lungo di quello che si percorre lontano da essa.

La teoria della relatività generale confuta la teoria gravitazionale rispetto alla presenza di una "forza di attrazione". Newton aveva teorizzato calcoli esatti (tutt'oggi affidabili), ma li aveva giustificati con un pensiero ancora magico (un "modulo culturale" persistente, direbbe Sperber 1996): l'idea di una forza attrattiva potrebbe sembrare assolutamente plausibile, studiando l'eq. 3.10, ma risulta ingiustificata alla luce della spiegazione fornita da De Pretto e da Einstein. La gravitazione è una *spinta* esercitata dalla compressione dello spazio su se stesso e sui corpi che esso ospita. La forma sferica (o quasi) dei pianeti dipenderebbe proprio da questa compressione o "ripiegamento", come direbbe Deleuze (1988/2004) per rievocare Leibniz e tutto il cap. 2.1. Quella stessa forza "unisce le particelle elementari per formare gli atomi [e] unisce gli atomi per formare le molecole" (De Pretto 1904: 25). Così De Pretto e Einstein superavano l'ingenuità del pensiero magico newtoniano, secondo cui una forza (F) attrattiva immaginaria legherebbe i copri come una corda, anche a distanze incommensurabili; ma rieditavano quella stessa suggestionabilità utilizzando i concetti dell'energia (E) e della forza viva ($m \times v^2$) capaci di comprimere i corpi, senza riuscire a fornire una spiegazione non-circolare di cosa fosse l'energia; anzi, spiegando che l'energia si può definire solo con un modello relativistico (l'eq. 3.17), proprio come, secondo Hubert/Mauss (1903), il *mana* si definisce in funzione della relazione tra il mago, la società e gli eventi controllati dalla magia.

La *relatività* significa una percezione differenziata rispetto alla relazione tra i soggetti e gli oggetti²² (così il buio ha senso solo rispetto alla luce o il più rispetto al meno, ecc.). Soprattutto i riferimenti spaziali si dimostrano relativi: l'alto rispetto al basso, la destra rispetto alla sinistra, l'avanti rispetto al dietro, i metri rispetto alle iarde e i metri rispetto ai secondi (perché la misurazione del tempo è un'estensione della misurazione dello spazio); fino alla conseguenza estrema di ammettere la relatività del tempo, che scorre in modo diverso a seconda della velocità che differenzia le posizioni percettive dei soggetti, come dimostrò Einstein con l'esperimento mentale degli orologi a luce.

22 Ciò è vero anche nel quadro antropologico di Hubert/Mauss (1903) dove la funzione della magia è vista diversamente dagli antropologi (che criticano la falsità dell'illusione), dalla comunità (che *ha bisogno* di credere in un potere magico) e dal mago (che *deve* credere nel potere magico)

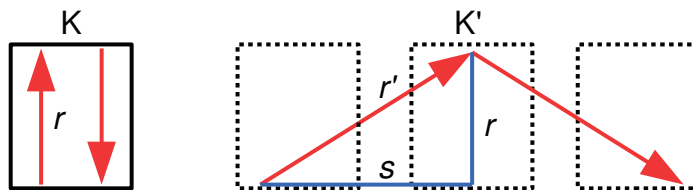


Fig. 3.2. Rappresentazione grafica dell'esperimento mentale di Einstein (1905a).

Einstein (1905a) immaginò un sistema di misurazione del tempo (il rettangolo K nella fig. 3.2) in cui un *osservatore solidale* a K (per es., seduto di fianco all'orologio) vede un raggio di luce rimbalzare verticalmente tra due specchi posti a una certa distanza (r , ciascuna delle due frecce verticali) in un certo tempo (t); mentre un *osservatore relativo* (per es., fermo sulla banchina di una stazione) vede il sistema K' spostarsi (se l'orologio K viaggiasse a bordo di un treno trasparente con a bordo l'osservatore solidale). L'osservatore relativo vede che il raggio di luce in K' compie il tragitto $r' > r$ (mentre l'osservatore solidale a K percepisce $r < r'$). Lo stesso orologio misura tempi diversi nei due sistemi K e K' perché $r' > r$. Ma la differenza dipende solo dalla posizione degli osservatori: chi è solidale con K e chi, invece, osserva K' (cioè K in movimento). Perciò, se $r'_t = r/t$ (se i due sistemi, K e K', si equivalgono perché *sono lo stesso oggetto*, osservato da due soggetti diversi), allora $t' > t$. Il *tempo relativo* (t' percepito osservando K') risulta maggiore di quello di riferimento (t). Questo fenomeno prende il nome di *dilatazione temporale* perché il tempo di riferimento (t) si dilata (in t') al crescere della velocità (v) che differenzia la posizione degli osservatori di quello stesso fenomeno (K o K', a seconda del punto di vista). Il tempo percepito dall'osservatore solidale al sistema in movimento (t in K) vale meno del tempo percepito dall'osservatore relativo (t' in K') o, in altri termini, l'osservatore relativo percepisce lo scorrimento di un tempo più lungo rispetto a quello percepito dall'osservatore solidale ($t' > t$). Il tempo si dilata, mentre lo spazio si contrae perché $s'_t > s/t$: la divisione s'_t restituisce un risultato maggiore di quello restituito dalla divisione s/t perché s viene diviso per un numero dilatato, cioè maggiore dell'altro ($t' > t$). I fenomeni della filosofia kantiana (cioè le apparenze relative) dipendono dai sensi degli osservatori, ma dipendono anche da un noumeno impercettibile, anzi distorto da sensazioni relative, come accennato al cap. 2.

Il teorema di Pitagora conferma la congettura di Einstein:

$$[3.19] \quad r'^2 = r^2 + s^2$$

L'equazione pitagorica 3.19 – che riguarda solo lo spazio – potrebbe includere anche il tempo (t e t'), usando un artificio matematico, se il lato r del triangolo della fig. 3.2 si descrive come:

$$[3.20] \quad r = \frac{r}{t} t$$

L'eq. 3.20 (simile alla 2.6) implica una definizione circolare semanticamente, ma corretta formalmente, perché le due variabili t (al denominatore e al moltiplicatore) si annullano reciprocamente, lasciando $r = r$. D'altra parte, l'eq. 2.4 ($v = s/t$) può esprimere la condizione sperimentale dell'orologio a luce di Einstein, sostituendo la lettera v generica con la c , specifica per la velocità della luce, e la s con la r :

$$[3.21] \quad c = \frac{r}{t}$$

L'eq. 3.21 consente di riscrivere la 3.20, sostituendo il membro sinistro della 3.21 (c) al membro frazionario della 3.20:

$$[3.22] \quad r = ct$$

L'eq. 3.22 stabilisce che moltiplicare c (o il rapporto r/t , secondo l'eq. 3.21) per t restituisce r . E lo stesso vale per r' (recuperando ancora l'eq. 2.4) perché entrambi gli orologi misurano il tempo usando la luce (c).

$$[3.23] \quad c = \frac{r'}{t'}$$

Le divisioni operate nell'eq. 3.21 e nella 3.23 restituiscono lo stesso risultato (c , la velocità della luce) perché i due sistemi di misurazione (K e K') si equivalgono: l'orologio a luce è lo stesso in K e in K' ; e K' è K in movimento, osservato da una persona diversa da quella solidale con K , ma soprattutto perché la velocità della luce è costante, non cambia mai (cfr. l'app. 4), benché si possano contemplare sistemi di riferimento diversi.

$$[3.24] \quad r' = ct'$$

L'eq. 3.24 riscrive la 3.23, esplicitando r' .

$$[3.25] \quad s = \frac{s'}{t'} t'$$

L'eq. 3.25 descrive lo spazio (s nella fig. 3.2) percorso dal sistema K' (fig. 3.2) secondo la formulazione già utilizzata nella 3.20.

$$[3.26] \quad s = vt'$$

L'eq. 3.26 riscrive la 3.25, sostituendo il membro frazionario della 3.25 (s'/t') col membro sinistro della solita 2.4 ($v = s'/t'$); ma la 3.26 è anche (più semplicemente) una formulazione diversa della 2.4 stessa (t' opera come denominatore nella 2.4 e come moltiplicatore nella 3.26). La fig. 3.2 aiuta a capire il metodo: l'eq. 3.22 rappresenta r ; l'eq. 3.24 rappresenta r' ; l'eq. 3.26 rappresenta s . Perciò l'equazione pitagorica (3.19) si può riscrivere interamente usando i membri destri di quelle tre formule, che includono il tempo nello spazio, per stabilire che:

$$[3.27] \quad c^2 t'^2 = c^2 t^2 + v^2 t'^2$$

L'eq. 3.27 ribadisce esattamente il teorema di Pitagora (eq. 3.19), ma si può trasformare, spostando a sinistra il membro destro che include il tempo relativo ($v^2 t'^2$), cambiandolo di segno:

$$[3.28] \quad c^2 t'^2 - v^2 t'^2 = c^2 t^2$$

L'eq. 3.28 può subire un'altra trasformazione formale, dividendo tutti i membri per c^2 :

$$[3.29] \quad t'^2 - \frac{v^2 t'^2}{c^2} = t^2$$

E, ancora, le due variabili al membro sinistro dell'eq. 3.29 (t'^2) si raccolgono a fattore comune:

$$[3.30] \quad t'^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = t^2$$

Quindi si possono semplificare gli esponenti di t' e di t , operando la radice quadrata tanto al membro destro quanto al membro sinistro dell'eq. 3.30:

$$[3.31] \quad \sqrt{t'^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = \sqrt{t^2}$$

$$[3.32] \quad t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = t$$

Infine, l'eq. 3.32 si può risolvere per t' , risolvendo così anche l'equazione pitagorica (3.28) con la formula di trasformazione:

$$[3.33] \quad t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

L'eq. 3.33 di Hermann Minkowski (1909: 80) coincide con la *trasformazione di Lorentz* (1904) e stabilisce che serve una velocità veramente notevole (v^2) per registrare un effetto di dilatazione temporale (t') minimamente significativo²³: nulla può superare la velo-

23 Le velocità sperimentate dagli esseri umani inducono dilatazioni temporali ininfluenti e impercettibili. Per es., un sistema che viaggiasse a una velocità enorme ($v = 100.000 \text{ km/s}$) indurrebbe una dilatazione temporale minima ($t' = 1,06\text{s}$ rispetto a $t = 1\text{s}$): $t' = 1/\sqrt{0,8888}$. Invece, un sistema che viaggiasse alla velocità della luce ($v = c$) produrrebbe una dilatazione temporale pressoché infinita perché l'eq. 3.33 si scri-

verebbe $t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}}$, perciò $t' = \frac{t}{\sqrt{1-1}} = \frac{t}{\sqrt{0}} = \frac{t}{0} \approx \infty$. Inoltre, l'eq. 3.33 può calcolare la dilatazione

temporale indotta dal sistema nervoso, che trasmette i segnali elettrici alla velocità di 120 m/s circa e perciò induce una dilatazione $t' = 1,00000000000008\text{s}$ per ogni stimolo sensoriale che duri $t = 1\text{s}$ (in 90 anni si accumulerebbe un ritardo di $0,00023\text{s}$), confermando l'idea di Bergson, secondo cui ogni individuo vivrebbe nel passato (cfr. il cap. 2). Infine, anche la fisica dei sogni esemplifica la dilatazione temporale: pochi secondi di *sonno* (un sistema K, con t reale) possono equivalere a qualche ora di *sogno* (un sistema K', con t' onirico). L'eq. 3.27, riscritta come $v^2 t^2 = c^2 t'^2 - c^2 t^2$, calcola la *velocità* come:

$v = \sqrt{\frac{c^2 t'^2 - c^2 t^2}{t^2}}$. Lo studio di Erlacher/Schredl (2013) sembra confermare che la velocità (v) di trasmissione del segnale neurale innesca la dilatazione temporale perché lo stato onirico *REM (Rapid Eyes Movement, ingl., 'movimento oculare veloce')* implica un'elaborazione più lenta dei segnali neurali. Il fatto che Dement/Kleitman (1957) e LaBerge (1985), invece, abbiano rilevato l'omogeneità tra i tempi del sogno e quelli della veglia ($t' \approx t$) dipenderebbe dalla *relatività* stessa: come l'accelerazione dilata il tempo e contrae lo spazio, così il sogno distorce *anche* la percezione dello spazio, oltreché quella del tempo. Il tempo del sogno *sembra* omogeneo a quello della veglia perché la percezione del tempo dipende direttamente dalla percezione dello spazio. Dement/Wolpert (1958) e Gardner *et al.* (1975) hanno rilevato che le attività fisiche visualizzate in sogno attivano stimoli neuromuscolari coerenti con le azioni immaginate, benché lo stato *REM* inibisca i movimenti muscolari: le attività fisiche del sogno corrispondono ad attività muscolari analoghe, ma ridotte, nello stato letargico; il sogno fa visualizzare attività muscolari spazialmente più ampie rispetto a quelle solo accennate dal corpo del dormiente me-

cità della luce (la lettera c sta per *cělěřitās*, lat., ‘sveltezza’, ‘vivacità’, per significare la velocità estrema della luce); perciò c rappresenta il limite costante che consente di ricondurre la massa (m) all’energia (E) nell’eq. 3.17; mentre il termine v/c si dice *velocità relativistica*, cioè velocità “relativa alla velocità della luce” (c), selezionata come costante di riferimento per un sistema complesso in cui, altrimenti, sarebbe impossibile definire un dato univoco. L’eq. 3.33 svela come lo spazio e il tempo non siano assoluti, ma relativi; come cioè si trasformino continuamente in funzione della prospettiva (del punto di vista) da cui vengono misurati (i fenomeni), benché appartengano allo stesso *continuum* (il noumeno). Un concetto già intuito da un filosofo nel suo studio sulla memoria e (perciò) sul tempo:

Ogni movimento è relativo, per lo studioso di geometria: [...] *non c’è simbolo matematico in grado di esprimere se sia il mobile che si muove piuttosto che gli assi o i punti ai quali lo si rapporta* (Bergson 1896/2013: 163).

3.3. I buchi della conoscenza

L’energia (E) impiegata per far viaggiare un sistema a velocità prossime a quella della luce (c) incrementa la massa (m) del sistema, che curva lo spazio intorno al sistema stesso, accrescendo la forza gravitazionale (F) e accelerando lo scorrere del tempo (t) in prossimità della massa stessa. I fotoni non curvano lo spazio, benché viaggino alla velocità della luce, proprio perché hanno massa nulla; anzi, subiscono le curvature spaziali indotte dalla massa degli altri corpi, come dimostrò l’osservazione condotta da Dyson/Eddington/Davidson (1920), già commentata al cap. 3.2. Corpi con massa notevole potrebbero accelerare la materia fino al limite estremo rappresentato dalla velocità costante della luce (c): allora solo una velocità – puramente ipotetica – superiore a quella della luce ($v > c$) consentirebbe a un corpo di sfuggire alla forza gravitazionale di quelle masse notevoli, che intrappolerebbero addirittura la luce stessa, vincolata a una velocità (c) insufficiente alla fuga.

Il problema teorico fu spiegato da Karl Schwarzschild (1916a; 1916b) quando risolse le equazioni di campo di Einstein (1915a; 1916): su quelle basi Johannes Droste (1917), Hermann Weyl (1917) e David Hilbert (1917) rivelarono come una massa (m) costretta in un volume sferico estremamente ridotto (con raggio r) possa implicare una velocità di fuga dalla sua forza gravitazionale (GM , che nell’eq. 3.50 deriva dalla legge di Newton, la 3.10) pari al quadrato della velocità della luce (c^2 , che deriva dall’eq. 3.17 e dalla 3.33).

Si può calcolare la forza (F) che deve essere applicata a un corpo dotato di massa (m) e di un certo volume sferico (che dipende dal raggio r) affinché quel corpo (m) sfugga all’attrazione gravitazionale di un altro corpo con massa maggiore (M). Un corpo con massa minore (m) sfugge alla forza gravitazionale (F) esercitata da un corpo con massa maggiore (M), se l’*energia cinetica* (sF) del corpo con massa minore (m) compensa (cioè uguaglia) la forza gravitazionale (rF) del corpo con massa maggiore (M). Serve almeno l’equivalenza di due forze ($sF = rF$) per impedire l’intrappolamento del corpo piccolo entro il raggio d’azione della gravità esercitata dal corpo grande.

L’ennesimo ragionamento formalistico consente di impostare il modello analitico, facendo riferimento a Gaspard Gustave de Coriolis (1829), che definì il *lavoro* come una forza (F) applicata ad un corpo (m) lungo una certa distanza (s) per produrre uno spostamento (eq. 3.41); il lavoro si dice anche *energia cinetica*.

La forza ha eq. 3.1 ($F = ma$); perciò il lavoro (sF) ha equazione:

$$[3.34] \quad sF = mas$$

desimo; la stessa unità di tempo implica spostamenti spaziali più ampi nel sogno, rispetto a quelli reali del corpo addormentato; cosicché i due parametri temporali si differenziano ($t' > t$), se si uniformano i parametri spaziali.

L'eq. 3.34 moltiplica per s entrambi i membri (sinistro e destro) della 3.1 per definire il lavoro (sF) come la composizione della forza (F) nello spazio (s).

L'eq. 3.7, che definisce l'accelerazione (a) in termini assoluti, si può esplicitare per la variabile s (lo spazio):

$$[3.35] \quad s = at^2$$

Il membro destro dell'eq. 3.35 si può sostituire alla s della 3.34 per ottenere la 3.36, quindi la 3.37 e la 3.38 con alcune riscritture formali:

$$[3.36] \quad sF = maat^2$$

$$[3.37] \quad sF = ma^2t^2$$

$$[3.38] \quad sF = m(at)^2$$

L'eq. 3.2, che definisce l'accelerazione (a) in termini relativi, si può semplificare in termini assoluti, se si considera che la variazione di velocità ($\Delta v = v_1 - v_0$) si misura da uno stato di quiete ($v_0 = 0$ e perciò $\Delta v = v_1 - v_0 = v_1 - 0$ e perciò $\Delta v = v$) e che la variazione di tempo ($\Delta t = t_1 - t_0$) si misura da un momento zero (perciò $\Delta t = t$ come $\Delta v = v$):

$$[3.39] \quad a = \frac{v}{t}$$

Il membro destro dell'eq. 3.39 (v/t) si sostituisce alla variabile a della 3.38 per ottenere la 3.40:

$$[3.40] \quad sF = m \left(\frac{v}{t} t \right)^2$$

Il moltiplicatore t (a destra della frazione) annulla il denominatore t (nella frazione) dell'eq. 3.40. Così si ottiene l'eq. 3.41:

$$[3.41] \quad sF = mv^2$$

Il solito Leibniz (1686b) aveva già espresso questo principio, come ha rilevato Mario Galli (1956), individuando il concetto di *energia cinetica* (sF); un concetto già intuito da Nicole Oresme (1350 ca.) in termini geometrici, anziché algebrici, che consente di calcolare il *moto accelerato uniformemente* (eq. 3.42) come funzione della velocità media ($^{at}/_2$).

$$[3.42] \quad sF = \frac{mv^2}{2}$$

L'eq. 3.42 rappresenta il lavoro da imprimere sul corpo con massa minore (m) per contrastare la forza gravitazionale esercitata dal corpo con massa maggiore (M).

D'altra parte, i membri destro e sinistro dell'eq. 3.10 si moltiplicano per la distanza r perché, come già detto, anche la forza gravitazionale (F) compie un lavoro (rF) sul corpo con massa minore (m), che il lavoro (sF) dell'eq. 3.42 dovrebbe contrastare:

$$[3.43] \quad rF = \frac{GMm}{r^2} r$$

La divisione tra r e r^2 al membro destro semplifica l'eq. 3.43, restituendo la 3.44, che esprime il "lavoro gravitazionale" esercitato dal corpo con massa maggiore (M) sul corpo con massa minore (m):

$$[3.44] \quad rF = \frac{GMm}{r}$$

Il lavoro dell'eq. 3.42 e quello della 3.44 operano congiuntamente; e si annullano, se hanno lo stesso valore, cioè se $sF = rF$:

$$[3.45] \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{GMm}{r}$$

L'eq. 3.45 uguaglia il membro destro della 3.42 al membro destro della 3.44 coerentemente all'ipotesi, già indicata, per cui $sF = rF$. Quindi si possono eseguire alcune trasformazioni formali (eq.ni 3.46-3.49):

$$[3.46] \quad \frac{v^2}{2} = \frac{GMm}{rm}$$

$$[3.47] \quad \frac{v^2}{2} = \frac{GM}{r}$$

$$[3.48] \quad v^2 = \frac{2GM}{r}$$

$$[3.49] \quad v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

L'eq. 3.49 rivela che una certa velocità (v) consente al corpo minore (m) di sfuggire all'attrazione gravitazionale esercitata dal corpo maggiore (M)²⁴. La velocità di fuga (v) aumenta, se il raggio (r) diminuisce (cioè se il volume del corpo maggiore si riduce), ipotizzando che la massa (M) rimanga costante²⁵, perché il risultato della divisione (v) aumenta, se il denominatore (r) diminuisce (il numeratore si divide per un numero piccolo, anziché per un numero grande): la velocità (v) è massima quando il raggio (r) è minimo.

Lo stesso ragionamento, portato alle conseguenze estreme, rivela che una riduzione estrema del raggio (r) impone una crescita estrema della velocità, fino al caso (estremo anch'esso) in cui $\max(v) = c$: la velocità di fuga (v) può diventare massima, raggiungendo la velocità della luce (c); cioè il corpo con massa minore (m) dovrebbe raggiungere la velocità della luce (c) per sfuggire alla forza gravitazionale (rF) di una massa (M) compressa

24 Per es., bisogna accelerare un satellite artificiale (m) a una certa velocità (v) per portarlo da terra in orbita, sconfiggendo la forza di gravità. L'apparato di spinta (il razzo propulsore) aumenta la massa (m) da spostare: perciò bisogna calcolare l'equilibrio esatto tra la potenza di spinta e la massa dell'apparato, per portare il satellite in orbita.

25 Si tratta del caso di una stella che muore: l'energia di combustione degli elementi costituenti si esaurisce, ma la massa originaria si conserva, secondo la legge di conservazione di Lavoisier (1774), e i resti della stella si aggregano (il volume diminuisce, perciò il raggio r si riduce) in mancanza dell'energia che prima veniva spigionata dalla combustione della stella e che conservava un volume maggiore.

in un volume esiguo. Sostituendo c^2 a v^2 nell'eq. 3.48 ($v^2 = \frac{2GM}{r}$) e risolvendo la stessa formula per il raggio (r), si ottiene la “distanza di sicurezza” espressa dall'eq. 3.50:

$$[3.50] \quad r_s = \frac{2GM}{c^2}$$

La distanza di sicurezza (r_s) si chiama *orizzonte degli eventi* o *punto di non ritorno*. L'eq. 3.50 significa che un oggetto con una certa massa (m) dovrebbe superare la velocità della luce (c) per sfuggire alla forza gravitazionale esercitata da un corpo celeste, la cui massa (M) fosse costretta in uno spazio (sferico) esiguo, con raggio detto *raggio di Schwarzschild* (r_s) per rendere onore allo scienziato che risolse le equazioni del campo di Einstein (1915a; 1916)²⁶.

La locuzione *buco nero* indica quei corpi (M) che impediscono addirittura alla luce di sfuggire alla loro forza gravitazionale (rF) – perciò impediscono l'illuminazione della massa e presentano solo buio – entro un certo orizzonte degli eventi (la distanza r_s). La luce stessa viene catturata dal buco nero e, se la luce “sfiora” l'orizzonte degli eventi (senza rimanerne intrappolata), la gravità del buco nero piega il tragitto della luce, facendole compiere un'orbita intorno al buco nero (come farebbe un satellite attorno a un pianeta), prima di proseguire verso una direzione diversa da quella verso cui avrebbe proceduto se non avesse sfiorato il buco nero (Hilbert 1917).

John Michell (1784) aveva ipotizzato questa possibilità già nel XVIII sec., ma solo la soluzione di Schwarzschild (1916) dimostrò la fondatezza di quell'idea; e solo il 10.04.2019 l'Event Horizon Telescope (un consorzio internazionale di 10 radiotelescopi) ha ottenuto la prima prova visiva dell'esistenza di un buco nero (fig. 3.3), individuato al centro della galassia Messier 87, a 55milioni di anni luce dalla Terra (EHT 2019)²⁷.



Fig. 3.3. Il buco nero fotografato da EHT (2019).

- 26 Christian Corda (2011) rileva che furono Droste (1917) e Weyl (1917) a calcolare per primi il valore del raggio di Schwarzschild (r_s).
- 27 Cfr. <https://eventhorizontelescope.org>. L'immagine del buco nero ottenuta dall'EHT (2019) è la ricostruzione dei dati raccolti da una rete di radiotelescopi: l'immagine dipende dai modelli matematici usati per ricostruire i dati raccolti da ciascun radiotelescopio; perciò la fotografia rappresenta soprattutto la logica del pensiero scientifico di chi compie l'osservazione, piuttosto che l'oggetto osservato in sé. Perché “per quanto un ragionamento possa essere vero, esso è sempre il riflesso della struttura della mente umana” (Matte Blanco 1975/2000: 396).

Il lavoro massimo o l'energia cinetica massima che può esprimere la formula 3.41, debitamente modificata, si calcola sostituendo c^2 (la velocità massima sperimentabile in natura) a v^2 (individuata dall'eq. 3.48): cioè $sF = mc^2$, che restituisce l'eq. 3.17 di Einstein descritta all'app. 1.

La massa compressa (infinitamente) al centro di un buco nero prende il nome di *singularità* perché il rapporto tra la massa (M) e il suo volume quasi nullo²⁸ impone una densità infinita: $\lim_{r \rightarrow 0} \frac{2GM}{r} \approx \infty$; un rapporto, ancora una volta, già studiato nella monadologia di Leibniz discussa al cap. 2. Anzi, il buco nero – una massa notevole compressa in un volume esiguo – rievoca anche la struttura del nucleo atomico, secondo il modello di Bohr (1913) e di Sommerfeld (1919), oltre a rievocare il noumeno razionalista commentato al cap. 2: un insieme compatto che raccoglie tutte le informazioni possibili, senza distinzioni temporali o spaziali. Forse i fisici hanno concentrato le loro ricerche soprattutto sui buchi neri (per studiare la scala macroscopica della materia) e sul nucleo atomico (per la scala microscopica) per questa ricorrenza epistemologica latente, mai citata espressamente nei testi, ma identificabile con una ricerca comparativa.

Tutti questi ragionamenti (soprattutto quelli sviluppati per ottenere l'eq. 3.33) svelano come il principio di relatività einsteiniano significhi che lo spazio e il tempo sono relativi l'uno rispetto all'altro; che il *continuum* non sia poi così continuo; ma pure che le differenze tra i fenomeni sono relative e perciò sottendono una continuità noumenica che trascende la percezione. La definizione delle coordinate spazio-temporali di un certo sistema dipende tanto dalla posizione nello spazio e nel tempo di quel sistema quanto dalla posizione spazio-temporale del soggetto che definisce quel sistema. La dualità del *tàijítú* risulta implicata nel principio di relatività perché, nella filosofia cinese, ogni polo si definisce solo come il rapporto che lo lega all'altro polo (*yin* ↔ *yang*): il simbolo ☯ significa la reciprocità del bianco rispetto al nero e viceversa. Minkowski e Einstein giunsero a definire lo stesso rapporto di interdipendenza tra lo spazio e il tempo. Le stesse conclusioni risultano da procedimenti linguistici diversi: uno – quello orientale – basato sulla tradizione orale, sull'intuizione associativa e sulle ambiguità semantiche, per cui ogni significato implica sempre la possibilità di giocare con il doppio senso e con lo slittamento semantico commentati da Deleuze (1969) e da Hadot (1981/2002/2005); l'altro – quello occidentale – basato sulla formalizzazione matematica, per cui ogni enunciato implica sempre la possibilità di giocare con i suoi componenti simbolici, trasformando il senso originario di un pensiero, ma preservandolo allo stesso tempo, come già discusso al cap. 1.

Il dualismo che sembra dominare la scienza occidentale moderna può essere superato solo con una visione unitaria, che la scienza postmoderna ha effettivamente introdotto, rieditando ancora una volta le filosofie dualiste classiche.

Le equazioni che descrivono la possibilità di una massa celeste costretta in un volume esiguo (3.49 e 3.50) possono descrivere anche un corpo microscopico, proprio perché implicano la possibilità di minimizzare il raggio del volume sferico occupato dalla massa: $\min(r)$. Perciò l'eq. 3.17 può descrivere anche il comportamento di un atomo o di un'altra particella con raggio minore, oltretutto il comportamento di un corpo celeste. Ecco perché la comunità scientifica considera l'equazione di Einstein come una pietra miliare del sapere: l'idea sottesa alla formula $E = mc^2$ collega due saperi apparentemente opposti; collega due scale della realtà (apparentemente) incommensurabili, quella macrocosmica e quella microcosmica, che però, per la prima metà del Novecento, i fisici hanno accomunato

28 Il volume (V) di una sfera si calcola con la formula $V = \frac{4\pi r^3}{3}$, il cui risultato tende a zero, se il raggio

(r) tende a zero: $\lim_{r \rightarrow 0} \frac{4\pi r^3}{3} \approx 0$.

esplicitamente, teorizzando che l'atomo avesse la stessa struttura di un sistema solare (Bohr 1913; Sommerfeld 1919): l'equazione *nucleo+elettroni = sole+pianeti* è l'ennesima declinazione scientifica del pensiero magico, che associa il simile col simile. "L'amor che move il sole e l'altre stelle" (Dante, Paradiso, XXXIII, v. 145) – l'energia che regola il moto dei corpi celesti – regolerebbe anche i corpi terreni. Perciò l'eq. 3.17 fornisce una definizione scientifica dell'*energia*, altrimenti concepita filosoficamente in Oriente come *qi*, e nelle società melanesiane come *mana*, e nel classicismo occidentale come "potenzialità", con un involuppo semantico indistricabile e circolare, che rimanda costantemente a ogni termine usato per fornire le relative definizioni.

L'energia (*E*) significa il moto di una massa (*m*) a una velocità estrema (c^2); e la velocità estrema implica una massa esigua perché implica un raggio minimo (*r*). Ma poi si scoprì che il mondo delle particelle atomiche segue regole completamente diverse da quelle della meccanica newtoniana.

4. Fisica delle particelle

Non c'è alcuna proporzione tra il nostro ego e il sistema cosmico, e tuttavia è possibile armonizzarli. La scienza ignora questa relazione e stabilisce categorie (Daishi 1992: 87).

4.1. Due cose sull'elettrone

Già il filosofo Talete di Mileto (V sec. a.C.) sapeva che un pezzo di *ambra* (resina di conifere solidificata; in gr. ἤλεκτρον) avrebbe attirato (anche dal basso verso l'alto) pagliuzze, pulviscolo e vari altri corpi leggeri (sfidando la legge di gravità), dopo aver strofinato l'ambra con un panno di lana. Lo strofinio "carica" certi corpi, principalmente quelli di ambra, vetro e plastica. Due pezzi di ambra caricati per strofinio si respingono, se vengono avvicinati uno all'altro. Perciò Charles F. de Cisternay du Fay (1733) definì due tipi complementari di *carica*: l'eccesso *positivo* di carica (+) e l'assenza *negativa* di carica (-); e Benjamin Franklin (1747) rilevò che le cariche uguali si respingono, mentre le cariche opposte si attraggono. Probabilmente chi ha compilato l'*Yijīng* ha subito il fascino esercitato dallo stesso fenomeno che rilevò Talete di Mileto, e potrebbe aver derivato i concetti di *yin* e *yang* proprio da questa osservazione primordiale, sviluppando la filosofia dualista cinese (*Yijīng*; *Dàodéjīng*; *Zhuāngzǐ*) su questa base empirica; e così potrebbe essersi sviluppato anche il pensiero magico, secondo cui il *mana* opera in ossequio alle leggi di simpatia e di antipatia (Hubert/Mauss 1903).

John Canton nel 1754 e Tiberio Cavallo nel 1780 costruirono i primi elettroscopi per verificare la carica (positiva o negativa) di un corpo: una pallina di midollo ligneo, un materiale isolatore, è sospesa a un filo di seta cosicché un corpo carico, avvicinato all'elettroscopio, attrae a sé la pallina perché le cariche in eccesso del corpo attirano le cariche opposte della pallina neutra e repellono le cariche di segno uguale; la forza di repulsione si attenua con l'incremento della distanza tra le cariche, mentre la forza di attrazione incrementa al diminuire della distanza. Abraham Bennet (1789) inventò l'elettroscopio a foglia: una bolla di vetro contiene e protegge due lamine d'oro, collegate a un pomello conduttore che si trova fuori dalla bolla; avvicinare un corpo carico (come un pezzo d'ambra strofinato) al pomello dell'elettroscopio fa allontanare una lamina dall'altra perché le cariche si trasferiscono dal corpo esterno al pomello e da questo alle lamine, sulle quali aumenta la quantità di cariche dello stesso segno, che si repellono e perciò spostano le lamine in direzioni opposte (basta toccare il pomello con una mano per scaricare le lamine, e farle riavvicinare, perché le cariche si trasferiscono dalle lamine alla mano tramite il pomello).

Charles-Augustin de Coulomb (1785) estese il concetto della forza newtoniana (eq. 3.1) al lavoro (eq. 3.34) svolto dalle cariche elettriche, che agiscono su una superficie sferica (A):

$$[4.1] \quad AF_e = xy$$

L'eq. 4.1 descrive la forza elettrostatica (F_e) che ciascuna carica elettrica (x e y) esercita sull'altra (il membro xy significa che le cariche interagiscono) come la funzione dell'area di una sfera (A), anziché di un segmento (s nell'eq. 3.41); cioè la forza elettrostatica (F_e) si compone nello spazio (A) come una forza sferica esercitata dall'interazione tra cariche elettriche (xy). Perciò l'eq. 4.1 si trasforma nella 4.2, che esplicita la formula geometrica per il calcolo dell'area di una sfera ($A = 4\pi r^2$):

$$[4.2] \quad 4\pi r^2 F_e = xy$$

L'eq. 4.2 consente di esplicitare la forza, riscrivendola come l'eq. 4.3:

$$[4.3] \quad F_e = \frac{xy}{4\pi r^2}$$

$$[4.4] \quad F_e = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{xy}{r^2}$$

L'eq. 4.4 isola il valore $4\pi = 12,566371\dots$, un valore costante che, perciò, si può rinominare per semplificare la formulazione (4.5):

$$[4.5] \quad F_e = k_e \frac{xy}{r^2}$$

La legge di gravitazione universale ricorre anche nella legge di Coulomb sulla forza di repulsione delle particelle elettriche. E la legge di Coulomb riedita l'eq. 3.10, sostituendo la costante gravitazionale $G = \frac{2\pi}{k}$ con la costante elettrica $k_e = \frac{1}{4\pi}$. L'eq. 4.5 stabilisce che la forza elettrostatica (F_e) agisce sulle cariche elettriche (x e y) in funzione del rapporto tra il prodotto delle cariche elettriche (xy) e il quadrato della distanza che le separa (r^2), vincolate alla costante elettrica (k_e); cosicché le cariche che si respingono hanno lo stesso segno (+ o -), mentre le cariche che si attraggono hanno segno opposto. Una distanza (r) maggiore diminuisce l'ampiezza della forza (F_e), mentre una distanza minore l'accresce, perché il numeratore (xy) si divide per un denominatore (r) più o meno grande.

La formulazione matematica della legge di Coulomb si può tradurre liberamente, rievocando il *tàijítú* (☯) taoista: il *qì* (F_e) avvolge tutta la superficie del pianeta ($4\pi r^2$) con l'interazione di *yin* e *yang* (+ e -) espressa nel rapporto diretto tra i corpi (xy). Sembra quasi di leggere i frammenti di un antico testo cinese:

The movement of the Dao by contraries proceeds (Dàodéjīng 40). [...] So it is that existence and non-existence give birth the one to (the idea of) the other (id. 2). [...] All-pervading is the Great Dao! It may be found on the left hand and on the right. All things depend on it for their production, which it gives to them, not one refusing obedience to it! (id. 34).

L'eq. 4.5 esprime una proprietà algebrica che definisce una proprietà empirica dell'elettificazione rispetto ai segni delle cariche. La relazione compositiva delle due cariche (xy) individua quattro possibilità: $(+x)(-y) = -xy$ e $(-x)(+y) = -xy$, se le cariche si *attraggono*; $(+x)(+y) = +xy$ e $(-x)(-y) = +xy$, se le cariche si *respingono*. Perciò la forza elettrostatica (F_e) opera *via dalla* carica positiva ($+xy$) e *verso* la carica negativa ($-xy$)². Un flusso di cariche viaggia dal polo positivo di un corpo elettrizzato (l'*anodo*) verso il polo negativo (il *catodo*). La forza di questa energia può essere prodotta, imbrigliata e reindirizzata a piacimento, come scoprì Alessandro Volta (1800), costruendo la famosa pila in cui le reazioni chimiche “estraggono” elettroni (tramite l'eq. 4.5) per contatto, anziché per sfregamento, dal polo positivo del corpo (la pila) per indirizzarli verso il polo negativo, compiendo un lavoro detto *circuitazione* (‘compimento di un percorso’).

- 1 Trad. mia dall'ingl.: “Il movimento del Dao procede dai contrari. [...] È così che l'esistenza e la non-esistenza si danno vita reciprocamente. [...] Il Grande Dao pervade tutto! Lo si può trovare sulla mano sinistra e sulla destra. Tutte le cose dipendono da esso affinché siano generate, ed esso le genera, e nessuna cosa rifiuta di obbedirgli”.
- 2 La proprietà reattiva delle cariche elettriche riecheggia anche nelle modalità comportamentali di *avvicinamento* e *fuga* (in ingl. *fight*, ‘combattimento’, e *flight*, ‘volo’) tipiche degli esseri senzienti (cfr. Hall/Bodenhamer 1997: 91-113).

William Crookes (1860) scoprì che applicare una circuitazione a un gas produce raggi luminosi, emessi nello spazio vuoto compreso tra il catodo (polarità negativa, $-$) e l'anodo (polarità positiva, $+$), cioè in direzione opposta a quella della circuitazione; perciò li definì *raggi catodici* (emessi dal catodo); e George J. Stoney (1874) li ribattezzò *elettroni* (cariche elettriche). L'esperimento di Crookes dimostrò l'esistenza di un *campo elettrico*: uno spazio (quello tra il catodo e l'anodo) attraversato da linee di forza (vettori) potenziali, che possono influenzare i corpi posti all'interno del campo stesso. Infatti Joseph J. Thomson (1897) confermò la carica negativa degli elettroni – che venivano deflessi verso il polo positivo di un campo magnetico prodotto parallelamente al flusso di elettroni – e dimostrò che gli elettroni hanno una massa (oltreché una carica) capace di far muovere un mulinello interposto tra il catodo e l'anodo.

Ma l'elettrone, anche ai giorni nostri, rimane un costrutto mentale, anziché un oggetto (benché fondi la vita postmoderna e le tecnologie elettroniche che la sostengono): l'elettrone è una “carica” più (+) o meno (–) presente in ogni corpo, perciò in ogni atomo, come spiegò Rutherford (1900). La scienza non spiega *perché* l'elettrone abbia carica negativa (e il protone abbia carica positiva): accettiamo il dato empirico come una forma di equilibrio necessario, simmetrico rispetto al fatto che il numero di elettroni di un atomo corrisponde al numero dei suoi protoni. Ancora una volta, la logica duale – che le filosofie ancestrali e il pensiero magico consideravano connaturata alla vita – sembra responsabile dei significati attribuiti alle osservazioni tecniche, che riflettono quella stessa struttura polare del pensiero. E, forse, consideriamo l'elettrone una particella elementare, cioè non scomponibile in altre particelle – come l'atomo (composto da nucleo ed elettroni) e il suo nucleo (composto da protoni e neutroni) – proprio perché l'elettrone rappresenta un costrutto mentale. L'elettrone – concreto – è definito sempre con espressioni astratte: energia (altro termine vago); *spin* (rotazione, ma di cosa?); informazione (presente, 1, o assente, 0); *qi* (per i filosofi cinesi); *mana* (per i maghi melanesiani). Eppure questo costrutto ideale è responsabile dei fenomeni di attrazione e repulsione – l'interazione elettrica – descritti dalla legge di Coulomb in funzione della carica, che pure è un'altra idea astratta: non va oltre al concetto misterioso e magico della presenza (+, 1) o assenza (–, 0) di qualcosa, di cui possiamo verificare la velocità o la posizione (se creiamo un “evento”, come spiegato al cap. 3), che possiamo controllare (tramite la circuitazione), ma che possiamo afferrare come un concetto solo intuitivamente, proprio come faremmo col *qi* e col *Dao* cinesi. L'elettrone è uno stato della materia ideale, ma rilevabile in funzione delle sue interazioni, che ne evidenziano addirittura la massa.

La difficoltà maggiore per chi approccia la fisica nucleare non è solo la matematica, ma è soprattutto la necessità di confrontarsi con oggetti puramente ideali, che però hanno implicazioni pragmatiche. Il dualismo sta già in questa contraddizione bipolare: una dualità ribadita dal modello dualista di de Broglie (1925), secondo cui l'elettrone si comporta sia come un'onda, sia come una particella; e accentuata dal modello di Dirac (1928) che introdusse l'idea di una sovrapposizione di stati della particella (elettrone) e della sua antiparticella reciproca (positrone).

La logica polare sottesa alla circuitazione – coerente con la logica polare delle filosofie ancestrali – si sarebbe integrata perfettamente con la logica binaria di Boole (1847; 1854), ispirata a sua volta alla matematica binaria di Leibniz (1703), consentendo la creazione dei calcolatori elettronici, che svolgono operazioni matematiche usando la presenza (1) o l'assenza (0) di una corrente elettrica nei circuiti. E praticamente (ri)fondando l'immaginario e il sapere occidentale postmoderni.

L'equilibrio “taoista” espresso dall'eq. 4.5 riecheggia nella fisica particellare in genere, soprattutto in Dirac (1928) e Anderson (1932):

every particle has a counterpart which is exactly like it but opposite in several major respects. This new class of particles was called anti-particles. [...] Whenever a particle and

*its anti-particle meet, they annihilate each other [...] both of them disappear and in their place are two photons which instantly depart the scene at the speed of light*³ (Zukav 1979: 210-211).

La forza di Coulomb si rintraccia anche nei *magneti* – corpi costituiti da elementi come la magnetite (dal nome di un’antica città della Lidia, *Μαγνησία*) – che dimostrano un comportamento analogo ai corpi caricati elettricamente: hanno la caratteristica naturale di possedere un polo positivo e uno negativo (o Nord e Sud), capaci di attrarre corpi ferrosi neutri, e che obbediscono alla legge di repulsione dei poli simili e a quella di attrazione dei poli opposti⁴. Tali corpi magnetici si possono dividere – spezzare – in due parti, ciascuna delle quali conserva a sua volta un polo negativo e uno positivo (come la filosofia taoista sostiene che *yin* e *yang* sono inseparabili); cosicché la ripetizione della divisione all’infinito (col concetto di *limite* discusso al cap. 1) individuerrebbe la proprietà elettromagnetica del corpo originario nell’*atomo* stesso, l’indivisibile o l’ultima iterazione della divisione, che individua elettroni, a carica negativa, e protoni, a carica positiva: una constatazione già ipotizzata nella monadologia di Leibniz (1714), per cui $x/\infty \approx 0$ (eq. 2.2) e che ricorda molto apertamente la polvere di Cantor (1883) descritta al cap. 1.

4.2. Campo e controcampo

James Clerk Maxwell (1865) avrebbe unificato i due campi – elettrico e magnetico –, teorizzando l’esistenza di un *campo elettromagnetico* complessivo in cui ogni campo elettrico (un flusso di elettroni che viaggia dal polo positivo a quello negativo di un circuito) genera un campo magnetico⁵; e, d’altra parte, ogni variazione di un campo magnetico genera un campo elettrico: muovere un magnete lungo una bobina di rame produce energia elettrica in quel circuito, come rilevò Hendrik A. Lorentz (1895) quando scoprì l’esistenza di una forza (detta *forza di Lorentz*) propria del campo elettromagnetico, correlata alla velocità di spostamento delle cariche elettriche.

Le famose quattro *equazioni del campo elettromagnetico* di Maxwell stabiliscono proprio la relazione biunivoca tra i vettori di ciascun campo⁶, da cui deriva il concetto di *radiazione elettromagnetica*: il fenomeno ondulatorio di trasmissione dell’energia nello spazio alla velocità della luce.

3 Trad. mia dall’ingl.: “Ogni particella ha la sua controparte che è esattamente come la particella, ma opposta sotto molti aspetti principali. Questa nuova classe di particelle fu chiamata anti-particelle. [...] Ogni volta che una particella e la sua anti-particella s’incontrano, si annichilano a vicenda [...] entrambe scompaiono e al loro posto ci sono due fotoni che all’istante abbandonano la scena alla velocità della luce”.

4 Gli atomi che costituiscono i materiali magnetici hanno un numero *dispari* di elettroni: perciò gli elettroni “in eccesso”, orientati con un certo *spin* a un polo, interagiscono con un numero inferiore di altri elettroni, con *spin* inverso all’altro polo del corpo: il differenziale di potenza degli elettroni genera un campo magnetico che dipende dallo stato rotazionale inverso delle particelle poste agli antipodi.

5 Già Hans C. Ørsted (1820) aveva scoperto che un cavo in cui passa una corrente elettrica attira l’ago magnetizzato di una bussola, ma fu Maxwell a formalizzare il rapporto tra i due campi, come spiegato all’app. 4.

6 Le quattro equazioni di Maxwell – discusse all’app. 4 – descrivono il comportamento vettoriale del campo elettromagnetico, sfruttando le osservazioni empiriche e sperimentali di Gauss (1813), Ampère (1826) e Faraday (1832). Le quattro equazioni descrivono come, da una parte, l’interazione di un campo magnetico naturale con un campo magnetico prodotto da un campo elettrico consenta di spostare due corpi che emettono due campi magnetici: l’elettricità e il magnetismo possono generare il moto (per es., gli autoveicoli elettrici sfruttano la proprietà del campo elettromagnetico per muovere le ruote). D’altra parte, lo spostamento di un magnete naturale attorno a un circuito genera un campo elettrico: il moto e il magnetismo possono generare l’elettricità (per es., le centrali idroelettriche sfruttano la forza dell’acqua per spostare un magnete, che attiva il campo elettrico).

Se un lavoro può estrarre cariche elettriche da un corpo per trasferirle ad un altro, caricandolo (come avviene con lo sfregamento di un pezzo d'ambra o con lo spostamento nello spazio di un campo magnetico), ciò significa che i corpi contengono *a priori* quelle cariche elettriche, trasferibili per sfregamento (dell'ambra) o per induzione (del campo magnetico): gli *elettroni* compongono l'atomo (il frammento minimo residuo dalla divisione reiterata di un magnete); e un lavoro esterno (la forza impressa alla massa, per l'eq. 3.1) può eccitarli e può farli "saltare" fuori dalle loro posizioni (vincendo la forza che li lega al nucleo). Perciò gli elettroni rappresentano un'energia potenziale, propria di ogni massa: il *potenziale elettrico*, indicato con la variabile V in onore di Volta. E la massa partecipa al campo che la avvolge; perciò il campo stesso dovrebbe veicolare l'energia della massa.

Un osservatore qualsiasi noterebbe che: (1) chi accende un fuoco spende una certa energia, sfregando due pezzi di legna (per generare abbastanza calore) o percuotendo due pietre (per generare abbastanza scintille), in modo da innescare una sostanza combustibile; (2) il fuoco rappresenta (significa) l'energia spesa per accenderlo⁷; (3) l'energia spesa nell'accensione del fuoco si trasforma in fiamme, anziché andare perduta; (4) il fuoco restituisce quell'energia in forma di luce, di calore e di moto ascensionale dell'aria. Nicolas L.S. Carnot (1824) e Rudolf J.E. Clausius (1864) avevano formalizzato quelle stesse considerazioni empiriche, ma la "legge dei mutamenti" taoista-confuciana (cin. *Yījīng* e *Dào-déjīng*) e il "tutto scorre" eracliteo-pitagorico⁸ (gr. *πάντα ῥεῖ*) già significavano intuitivamente la scoperta della fisica moderna, la *legge di conservazione dell'energia*, secondo cui l'energia e la materia rappresentano due facce della stessa medaglia, come riassume l'eq. 3.17 ($E = mc^2$).

Maxwell dedusse l'attività di un campo elettromagnetico osservando che la luce e il calore (ma anche il suono) si trasmettono entro certi limiti (per es., il fuoco scalda i corpi che rientrano in un certo raggio di azione della fiamma e illumina i corpi entro un altro raggio di azione della stessa fiamma): perciò luce e calore agiscono da un punto all'altro dello spazio tramite un *medium* che conduce le informazioni entro limiti imposti dalle caratteristiche del *medium* stesso; e il *medium* pervade lo spazio in forma di particelle infinitesimali (i fotoni) che raccolgono e trasmettono l'energia (elettromagnetica) dall'una all'altra particella (Maxwell 1865: 460-461). Così la *teoria del campo* coordinò i fenomeni elettrici e magnetici che prima, invece, le teorie di Coulomb (1785), Gauss (1813), Ampère (1826) e Faraday (1832) mantenevano disgiunti. Secondo la teoria del campo, il mezzo di trasmissione delle informazioni nello spazio eserciterebbe un'"energia d'attivazione", necessaria per trasferire le informazioni da un punto all'altro dello spazio; e il *medium* eserciterebbe anche un'"energia potenziale", necessaria per recuperare lo stato iniziale del *medium* dopo aver trasmesso l'informazione. Un'idea che ricorda molto la filosofia cinese classica: "*All things alike go through their processes of activity, and (then) we see them return (to their original state)*"⁹ (*Dào-déjīng* 16). I fisici usano il concetto di *onda* per rappresentare questo processo di azione e retroazione.

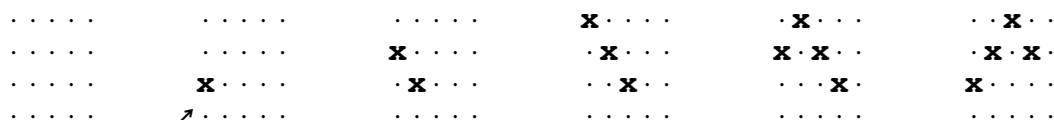


Fig. 4.1. Un'onda come schema di attivazione del campo.

- 7 Durand (1963/2009: 210-211, 411-412) ha rilevato come la simbologia del fuoco fondi l'immaginario umano rispetto alla sua capacità di significare tanto il regime della luce e della razionalità quanto quello delle ombre (che dipendono dalla luce) e della passione (che si oppone alla luce). Cfr. il cap. 2.
- 8 Platone nel *Cratilo* (11) attribuiva l'aforisma a Eraclito. Ovidio (8/2008: 881), invece, lo attribuiva a Pitagora.
- 9 Trad. mia dall'ingl.: "Tutte le cose ugualmente attraversano i loro processi di attività, e (allora) le vediamo tornare (al loro stato originario)".

Un'onda è uno *schema di distribuzione del moto nello spazio-tempo*. Si può pensare lo spazio-tempo come una sovrapposizione di *campi* onnipresenti – con un campo per ogni particella (elettroni, fotoni, ecc., tutti sovrapposti) –, e si può pensare ciascun campo come un *raster* (ingl., ‘griglia’, ‘reticolo’) di particelle adiacenti con valore energetico nullo (disattivato) o variabile (attivato): così si può pensare l'onda come lo schema secondo cui l'applicazione di una forza in un punto (cioè in una particella del campo) si propaga nello spazio-tempo per contiguità, trasferendosi da ciascuna particella (attiva) alle particelle adiacenti. Per es., in uno spazio bidimensionale limitato e quieto (come la prima griglia di 4×5 punti, o particelle disattivate, schematizzata nella fig. 4.1, che si potrebbe immaginare anche tridimensionalmente) un impulso diagonale (la freccia ↗ = ↑+→) eccita una certa particella (il punto diventa una x nella seconda griglia), che ne eccita altre due (una in alto e una a destra), propagando la forza in funzione dell'intensità dell'impulso iniziale, in una catena di attivazioni e disattivazioni che restituiscono la forma di un'onda (come nelle ultime due griglie). Bohm/Hiley/Kaloyerou (1987) hanno ipotizzato che lo spostamento di una particella lungo un tragitto nel campo implichi la presenza di quella particella *contemporaneamente* in ogni punto del campo: secondo la fisica newtoniana, uno spostamento della particella consiste nella variazione della sua posizione ($\Delta s = s_1 - s_0$), ma la particella può occupare due posizioni diverse solo in due momenti diversi, cosicché la differenza spaziale non esiste (la posizione s_0 della particella non è più reale quando la particella si trova in s_1); perciò le due posizioni della particella devono coesistere nel *continuum* spazio-temporale o, in altri termini, la particella deve trovarsi contemporaneamente in tutti i punti del *continuum*¹⁰, come spiega la meccanica quantistica (cfr. i capp. 4.4-5.4).

La meccanica quantistica si basa su due intuizioni controintuitive che riguardano proprio il campo. Innanzitutto la sovrapposizione della natura ondulatoria e della natura corpuscolare di ogni particella: l'idea introdotta da de Broglie (1925) e confermata tanto da Davisson/Germer (1927) quanto da Jönsson (1961) con i loro esperimenti della fenditura doppia. Poi la sovrapposizione dei campi particellari (quello dei fotoni sovrapposto a quello degli elettroni e a quello dei quark, ecc.), cosicché ogni punto locale dello spazio-tempo (nel *raster* della fig. 4.1) sovrapporrebbe tutte le particelle inattive in quella posizione: ogni punto sarebbe tanto un fotone potenziale quanto un elettrone potenziale, quanto un protone potenziale, ecc. La sovrapposizione delle particelle collassa in un punto appena un impulso attiva quel punto come una particella specifica (la x della fig. 4.1), cosicché si realizza solo una possibilità tra le tante possibili sovrapposte; ma la potenzialità generale di tutte le particelle riassunte in una posizione torna a sovrapporsi appena quell'impulso si estingue (la x torna a essere un punto neutrale o potenzialmente infinito). Ogni punto rievoca il *noumeno* kantiano o la *totalità unitaria* taoista (che aggregano ogni possibilità infinita e riuniscono le differenze polari), mentre l'onda genera un *fenomeno* specifico (che fa collassare tutte le altre possibilità riassunte nel noumeno). Ogni punto del *raster* (fig. 4.1) si può considerare come una carica inattiva che potrebbe assumere qualsiasi connotazione (x); ma il concetto di sovrapposizione quantistica implica che ogni punto rappresenti l'attivazione contemporanea di tutte le possibili attuazioni di quella carica: il campo sarebbe tutto disattivato e tutto attivato allo stesso tempo, cosicché, ancora una volta, il tutto può coincidere col nulla (cfr. il cap. 2). Così il *vuoto* sarebbe una porzione di campo momentaneamente inattiva; ma il concetto di inattività (di un punto del campo) coincide con la sovrapposizione di tutte le attività possibili: così il vuoto coincide col pieno.

Il vuoto e il pieno si possono riunire nel concetto di campo anche in un altro modo: pensando i corpi fisici (gli organismi biologici, i minerali, i vegetali, ecc.) come sistemi

10 La teoria relativistica einsteiniana lo conferma: una differenza spaziale è *anche* una differenza temporale. Perciò la percezione del movimento dipenderebbe dalla memoria, che riattualizza uno stato passato – cioè attualizza un *certo* stato del *continuum* – come già discusso al cap. 2 con Bergson.

stabili di particelle organizzate; mentre il vuoto individuerebbe sistemi instabili di particelle che durano per appena un'unità di tempo di Planck e poi si riconfigurano continuamente, finché il campo non organizza quella porzione di spazio vuoto in un sistema stabile (per es., quando un oggetto si sposta da una zona all'altra dello spazio). Perciò il vuoto sarebbe pieno di eventi instabili. Probabilmente il pensiero arcaico – dalle cosmogonie primitive, alle filosofie orientali e a quella ellenica – ha eletto gli elementi naturali come principio di ogni cosa perché ha percepito in essi un'*instabilità stabile*: le forme dell'acqua, dell'aria e del fuoco mutano continuamente, benché se ne possa percepire la persistenza; e la terra può tremare e sconvolgersi, può franare o aprirsi¹¹. L'ambiguità dei quattro elementi – né stabili né instabili, né vuoti né pieni – li connota simbolicamente come mediatori tra le polarità estremali (vuoto/pieno, nulla/tutto, morte/vita, ecc.): perciò il pensiero magico li ha scelti come principi assoluti della realtà; come ciò da cui tutto trarrebbe origine e ciò in cui tutto si riconvertirebbe. E non sorprende che i fisici abbiano subito quello stesso fascino, teorizzando la termodinamica del fuoco (come fecero Carnot e Clausius nel XIX sec.), spiegando la natura campo in termini di onde (come fecero Maxwell e Schrödinger), e addirittura arrivando a parlare di un mare di particelle (come fece Dirac).

Bohm/Hiley/Kaloyerou (1987) hanno usato l'espressione *ordine implicito* per esprimere il noumeno come una sovrapposizione delle potenzialità di ogni punto dello spazio, e hanno usato la parola *attualizzazione* per indicare i fenomeni kantiani come forme di collasso di tutti gli altri stati potenziali di un punto dello spazio. L'intuizione quantistica ha riscosso successo anche sul versante psicoanalitico, per es. con Matte Blanco (1975/2000: 192-195), che descrive l'inconscio come la sovrapposizione di tutte le variabili emotive e dei loro rispettivi gradi d'intensità.

L'origine dell'impulso applicato al campo (la freccia della fig. 4.1) si pone come il motore immobile aristotelico, di cui si può rintracciare l'origine nel fenomeno della radiazione emessa col *decadimento naturale* degli atomi radioattivi, che rilasciano spontaneamente particelle, come spiegò Enrico Fermi (1934), cioè che rilasciano impulsi capaci di attivare i quanti (i punti) del campo, secondo la teoria del campo appena esposta. Bohm (1952) ha usato l'idea di un'*onda pilota* – un'intuizione già suggerita da de Broglie (1927) – per teorizzare questa serie di impulsi fondamentali. E tutte queste idee di una forza innata (l'energia) ricalcano tradizioni mistiche millenarie, a partire dal *qi* taoista¹² e dal *mana* melanesiano¹³.

Un'interazione tra onde può attivare persistentemente una certa regione del campo, configurando una massa che esercita una forza gravitazionale: una massa che, secondo Einstein (1915a) deforma lo spazio. In termini quantistici ciò significa che le onde esercitano un'"interazione residuale" alla periferia della massa (costituita da un'onda persistente nel campo): eccitano le particelle nell'intorno della massa; e le eccitano con funzione gradiente, cioè con energia decrescente dall'intorno in poi, cosicché la forza gravitazionale diminuisce all'aumentare della distanza (r nelle equazioni gravitazionali del cap. 3) dal centro della massa.

Maxwell (1873) teorizzò le *onde elettromagnetiche* come il moto di "azione e recupero" del *medium* all'interno del campo (l'attivazione di un punto della fig. 4.1 in una x e la conseguente riduzione a punto). Ciò significava poter attivare un campo elettrico tramite un circuito (locale), per sollecitare il *medium* a far reagire l'intero campo elettromagnetico (diffuso), cosicché un altro circuito (in una località diversa) rilevasse l'azione e il recupero del *medium*. Heinrich R. Hertz (1887a) provò sperimentalmente la fondatezza della teoria

11 Si dovette aspettare Mikołaj Kopernik (1543) per ammettere che la Terra ruotasse su se stessa.

12 Cfr. Capra (1975) per le analogie più evidenti tra le filosofie orientali e la scienza occidentale.

13 Cfr. Hubert/Mauss (1903), Hocart (1914), Firth (1940) e Lévi-Strauss (1950) sull'estensione del concetto melanesiano di *mana*, che può significare la forza vitale, l'energia intrinseca, il potere magico, la fortuna e il caso, o altri significati riconducibili a una forza capace di influire sugli eventi: un concetto che la scienza non spiega troppo diversamente.

di Maxwell, descrivendo il campo elettromagnetico come un'onda che è possibile “ricostruire”, conoscendone la frequenza (f , misurata proprio in Hz): il numero di ripetizioni dello stesso segnale elettrico in un secondo, cioè la velocità.

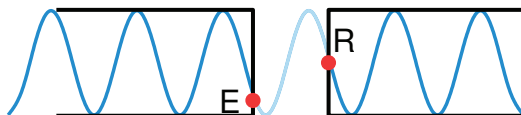


Fig. 4.2. Trasmissione di onde elettromagnetiche.

Se si conoscono le proprietà del campo elettromagnetico, descritte da Maxwell (1865), si può usare un circuito elettrico per creare un campo in cui il *medium* si muove con una certa velocità (data dalla potenza del campo): si conosce la posizione del *medium* nel punto in cui il *medium* “abbandona” il circuito emittente (il punto E nella fig. 4.2); e si conosce la posizione del *medium* nel punto in cui esso “raggiunge” il circuito ricevente (R nella fig. 4.2) perché si conosce il valore del campo elettromagnetico (l'onda della fig. 4.2 permea lo spazio tra i due circuiti). Così Guglielmo Marconi riuscì a emettere e a ricevere i primi segnali radio nella famosa trasmissione dell'08.12.1895¹⁴, realizzando scientificamente ciò che, prima, solo la magia prometteva di fare: l'interazione a distanza di due sistemi dimostrava che il *mana* si può plasmare e dimostrava come la tecnologia svolgesse il ruolo della magia nella postmodernità.

Einstein (1915b) avrebbe ricondotto a quell'energia e a quel potenziale – entrambi già teorizzati da Maxwell (1865) – anche la legge di attrazione gravitazionale, spiegando che la massa (di particelle condensate in uno spazio limitato) curva lo spazio e il campo elettromagnetico, inducendo le masse minori a interagire con quelle maggiori in funzione della curvatura del campo stesso; fondamentalmente rivelando che ogni cosa è collegata alle altre: le masse tra loro tramite il campo, e l'energia con le masse tramite la curvatura.

4.3. Ordine e disordine

La fisica occidentale ha cominciato a somigliare (ancora più di prima) al misticismo orientale e alla magia appena gli scienziati si preoccuparono di definire e di misurare l'energia come un *rapporto di forze*, come una *differenza di potenziale* che permea tutta la materia: come il *qì* taosita e il *mana* melanesiano che fluiscono tra poli opposti e che consentono tanto l'opposizione delle differenze quanto la loro riconciliazione.

*If there were not (the views of) another, I should not have mine; if there were not I (with my views), his would be uncalled for [...] It might seem as if there would be a true Governor concerned in it, but we do not find any trace (of his presence and acting). That such an One could act so I believe; but we do not see His form. He has affections, but He has no form*¹⁵ (Zhuāngzǐ II: 3).

Sembrirebbe di avere a che fare con una grande confusione, ma i taoisti e i presocratici avevano anticipato la teoria della fisica postmoderna (che sostituisce l'energia con l'infor-

14 Una sentenza della Corte Suprema degli Stati Uniti (21.06.1943) attribuisce la paternità della prima trasmissione radio a Nikola Tesla, citando uno schema di apparato che lo scienziato austro-ungarico divulgò in una conferenza del 1893, come ha rilevato Margaret Cheney (2001: 221-223).

15 Trad. mia dall'ingl.: “Se non ci fossero (i punti di vista) di un altro, io non avrei i miei; se non ci fossi io (con i miei punti di vista), i suoi sarebbero ingiustificati [...] Potrebbe sembrare che ci sia un vero Controllore che se ne occupi, ma non troviamo alcuna traccia (della sua presenza e della sua attività). Credo che un soggetto simile potrebbe agire così; ma non vediamo la Sua forma. Lui produce effetti, ma non ha forma”.

mazione) per cui l'informazione (assorbita da un buco nero) non si perde, ma si trasforma in un'altra informazione (Bekenstein 1973; 't Hooft 1993/2009; Susskind 1995). L'*entropia* – dal gr. *ἡ τροπή*, 'la trasformazione', secondo Clausius (1864: 390), che conìò il termine – implica una trasformazione continua della materia. Le particelle costitutive si muovono continuamente, assorbendo e rilasciando energia, e si trasformano in altre particelle, in un moto incessante e orientato (apparentemente) in una direzione unica: dal passato verso il futuro, secondo la legge che descrive la trasmissione del calore solo dai corpi caldi a quelli freddi, come spiega Carlo Rovelli (2017: 29-31).

L'entropia consentì alla statistica di entrare nel mondo della fisica – per organizzare un nuovo principio di ordine – con le riflessioni di Carnot (1824), poi sviluppate da Clausius (1864; 1865) e da Boltzmann (1877): a cominciare dalla termodinamica (per es., per prevedere il comportamento delle molecole di un gas), fino alla fisica particellare e allo studio del campo elettromagnetico (per es., per prevedere il comportamento degli elettroni nel campo descritto con la fig. 4.2). Una riflessione apparentemente banale sullo scambio della temperatura ha avviato una serie di ragionamenti responsabili dell'evoluzione del pensiero scientifico; e la riflessione prende spunto dall'osservazione di una diade arcaica – caldo/freddo – che potrebbe trovare posto nel già lungo elenco compilato dal *Dàodéjīng* (2).

$$[4.6.0] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta Q} - \frac{\Delta T_C}{\Delta Q} = 0$$

Il moto delle molecole produce attrito e l'attrito produce calore. Perciò i corpi "eccitati" (cioè i corpi le cui molecole costitutive esprimono un moto interno particolarmente intenso) sono più caldi (*C*) di quelli con molecole meno eccitate, più freddi (*F*). Due corpi a contatto si scambiano una certa quota (*Q*) di temperatura (*T*), cioè di eccitazione delle molecole: le più eccitate urtano le altre, meno eccitate, accelerandole; cosicché, per l'eq. 4.6.0, il corpo più caldo cede calore ($-\Delta T_C$) a quello più freddo, che acquisisce calore ($+\Delta T_F$) perché le sue molecole costitutive accelerano internamente per causa degli urti reciproci. Non accade mai il contrario: il corpo più caldo non acquisisce mai temperatura dal più freddo; semmai il corpo caldo si raffredda perché le sue molecole, più eccitate, rallentano quando urtano quelle più inerti che compongono il corpo freddo.

La differenza calcolata dall'eq. 4.6.0 risulta nulla (0) perché la formula rappresenta un sistema massimamente efficiente, cioè un sistema che non spreca risorse: tutta la temperatura (*T*) è scambiata dal corpo caldo a quello freddo. La condizione di scambio efficiente della temperatura tende sempre a una distribuzione equa del calore e il sistema si dice in *equilibrio* (un concetto che poi avrebbe influenzato l'economia marginalista), se è veramente efficiente:

$$[4.6.1] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta Q} = \frac{\Delta T_C}{\Delta Q}$$

L'eq. 4.6.1 (che riscrive la 4.6.0) significa che il calore scambiato (ΔQ) non si disperde nell'ambiente circostante: la transizione di temperatura (ΔT) è limitata ai due corpi, freddo (*F*) e caldo (*C*), con esclusione di tutto ciò che li circonda. Le due frazioni misurano il rapporto di scambio in funzione della quota di calore transitata (ΔQ) dal corpo caldo (*C*), che cede calore ($-\Delta T_C$) a quello freddo (*F*), che lo acquista ($+\Delta T_F$).

$$[4.6.2] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} = \frac{\Delta Q}{\Delta Q}$$

L'eq. 4.6.2 riscrive la 4.6.1 per esplicitare il concetto di efficienza: il rapporto di scambio tra le temperature dei due corpi restituisce l'efficienza massima, il 100%: $1 = \Delta Q / \Delta Q$ (dividere un numero come ΔQ per se stesso restituisce 1).

La realtà però presenta una condizione ben diversa, rispetto a quella ottimale teorica:

$$[4.7.1] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta Q} < \frac{\Delta T_C}{\Delta Q}$$

L'eq. 4.7.1 significa che un sistema di scambio realistico implica sempre una dispersione di calore (gli economisti parlerebbero di “costi di transazione”): la quota di temperatura acquisita dal corpo freddo ($+\Delta T_F$) è sempre inferiore ($<$) alla quota di temperatura ceduta dal corpo caldo ($-\Delta T_C$) perché il corpo caldo cede temperatura anche all'ambiente circostante, oltretutto al corpo freddo; le molecole eccitate del corpo caldo trasmettono il proprio moto anche alle molecole dell'aria che circonda il corpo caldo, oltretutto alle molecole che costituiscono il corpo freddo accostato a quello caldo. L'eq. 4.7.1 si può riscrivere come l'eq. 4.7.3, che significa un'efficienza (il rapporto tra le temperature al membro sinistro) inferiore al 100% (1):

$$[4.7.2] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} < \frac{\Delta Q}{\Delta Q}$$

$$[4.7.3] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} < 1$$

L'eq. 4.7.1 si può scrivere anche in un altro modo: $T_F' < T_C'$ perché le due frazioni che coinvolgono ΔT_F e ΔT_C sono le derivate prime (i rapporti incrementali detti al cap. 1) dello scambio di temperatura; cosicché si ha $T_F' - T_C' < 0$ (o la notazione estesa della 4.8):

$$[4.8] \quad \frac{\Delta T_F}{\Delta Q} - \frac{\Delta T_C}{\Delta Q} < 0$$

L'eq. 4.8 significa che un sistema realistico implica sempre un certo grado di inefficienza, cioè implica che il sistema disperda continuamente risorse verso l'esterno, trasformandosi continuamente: perciò si parla di *entropia*, ‘trasformazione’. E perciò le teorie microeconomiche come quella riassunta con le eqq. 1.1-1.8 (che ricalcano esattamente le 4.6.0-4.6.2 e la 4.8) possono essere considerate “irreali” (come tutte le teorie economiche che presuppongono la razionalità completa dei soggetti¹⁶).

L'entropia si può rappresentare anche immaginando un recipiente costituito da due camere isolate, una delle quali (la sinistra) venga riempita con due molecole di un gas:

(a b |)

Tutte le molecole del gas stanno nella camera sinistra, rimbalzando continuamente una contro l'altra e contro le pareti della camera. Un foro praticato nel diaframma divisorio modificherebbe la situazione, consentendo quattro configurazioni alternative ($4 = 2^2$; due camere e due molecole):

16 “Le prove sperimentali mettono radicalmente in discussione l'idea che gli uomini abbiano preferenze coerenti e sappiano massimizzarle, un'idea che rappresenta la base stessa del modello dell'agente razionale” (Kahneman 2011/2018: 517).

$$\begin{pmatrix} a & b & : & & \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} & & : & a & b \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} a & & : & b & \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} b & & : & a & \end{pmatrix}$$

Si hanno 2 possibilità su 4 (perciò la probabilità è $2/4 = 0,5$) di ottenere uno stato ordinato (con entrambe le molecole nella stessa camera) contro 2 possibilità su 4 di ottenere uno stato disordinato (con una molecola in ciascuna camera). L'entropia in tal caso misurerebbe un livello del 50%. Ma l'entropia aumenta, se aumenta il numero delle molecole coinvolte nell'esperimento. Per es, tre molecole (a, b, c) consentono $2^3 = 8$ distribuzioni alternative, con 2 possibilità ordinate su 8 (e probabilità $2/8 = 0,25$); e quattro molecole consentono $2^4 = 16$ distribuzioni alternative delle quattro molecole nelle due camere, con 2 possibilità su 16 (e probabilità $2/16 = 0,125$, il 12,5%) di ottenere uno stato ordinato come quello iniziale (tutte le molecole raccolte in una sola delle due camere), mentre la quota restante ($1 - 0,125 = 87,5\%$) rappresenta la probabilità di ottenere uno stato disordinato, dovuto all'entropia, cioè al moto casuale delle molecole nello spazio.

$$\begin{pmatrix} a & b & c & : & & \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} & & & : & a & b & c \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} & c & & : & a & b \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} a & b & & : & c \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} a & & & : & c & b \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} c & b & & : & a \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} b & & & : & a & c \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} a & c & & : & b \end{pmatrix}$$

Le molecole continuano a rimbalzare finché non riempiono entrambe le camere perché gli urti portano le molecole a occupare posizioni casuali nello spazio; e in quella casualità c'è una probabilità molto bassa che le molecole assumano uno stato ordinato (restando tutte nella prima camera), anziché uno stato disordinato (distribuendosi a caso nelle due camere). Soprattutto *nel corso del tempo* il moto delle molecole individua una "nuvola" di possibilità che copre il volume complessivo di entrambe le camere¹⁷.

Lo stato disordinato individua un numero di configurazioni maggiore, rispetto alle configurazioni individuate dallo stato ordinato (con tutte le molecole distribuite solo in una camera, pur avendo a disposizione lo spazio dell'altra camera): perciò lo stato disordinato è più "robusto" (e più probabile) di quello ordinato; lo stato ordinato, invece, è più "delicato" perché basta una variazione minima per modificarlo.

La possibilità di pensare i rapporti di forza e di pressione tra particelle infinitesimali di peso proprio dall'entrata in scena dell'*atomo* all'inizio del XIX sec. grazie a John Dalton (1808), un chimico che rilevò la *legge delle proporzioni multiple*: due elementi chimici producono un elemento nuovo, solo se vengono composti in una proporzione tale che la quantità variabile di un elemento chimico primario (misurata come un numero discreto di grammi) sia sempre un multiplo o un sottomultiplo della quantità costante di un altro elemento chimico; perciò la quantità dell'elemento variabile è un numero direttamente proporzionale all'altro, coerentemente con l'eq. 4.9 della meccanica quantistica (cfr. il cap. 4.4). Ciò significava che, riducendo le grandezze ai minimi termini, ogni elemento chimico doveva essere costituito da particelle indivisibili, atomi fissi, con una massa determinata e sempre uguale o costante. Stanislaò Cannizzaro (1858) sviluppò l'intuizione di Dalton per distinguere gli atomi dalle molecole, ma anche per correlare direttamente le regole della (filosofia) chimica a quelle della fisica. Così la chimica rievocava immagini arcaiche,

17 Inoltre, la *compressione* delle molecole in uno spazio sempre più piccolo (per es., in una camera con una parete mobile, che si può spostare per ridurre il volume della camera) aumenterebbe la *velocità relativa* delle molecole, che si agiterebbero alla stessa velocità di prima; ma in uno spazio più piccolo le molecole occuperebbero più frequentemente la stessa posizione, fino al caso estremo in cui il gas potrebbe "sembrare" un solido, sopportando sempre più intensamente la pressione (la forza, *F*) esercitata dalla parete mobile della camera come (abc | -----).

depositate nelle strutture del pensiero magico, già rintracciabili nella dottrina alchemica di Paracelso (XVI sec.)¹⁸.

Oggi sappiamo che una molecola qualsiasi si compone quando due o più atomi condividono uno o più elettroni: per es., una molecola di idrogeno (H_2) si compone quando l'unico elettrone di un atomo di idrogeno (H) entra nell'orbita dell'elettrone di un altro atomo di idrogeno, cosicché i due atomi, sufficientemente vicini, si legano per la forza orbitale che ciascun nucleo esercita sull'elettrone dell'altro atomo; allora i due atomi iniziano a "danzare" in coppia, mossi dall'interazione reciproca dei nuclei che condividono gli elettroni e le orbite: il *tàijítú* (☉) potrebbe rappresentare il movimento dei due elettroni attorno ai due nuclei, oltretutto il movimento dei due atomi accoppiati, che possono essere divisi solo da una forza capace di eccitarli, spostandoli, al punto da spezzare il legame elettronico, che, in fin dei conti, è un legame gravitazionale. Questa idea dei legami chimici – costruita dal pensiero scientifico moderno – riflette la struttura tipica del pensiero magico, secondo cui ogni cosa sarebbe sempre vincolata a qualcos'altro, con la possibilità di alterare quel rapporto tramite l'addizione o la sottrazione di (quantità esatte di) elementi simbolici, somiglianti o contrari a quelli che si vogliono modificare, come hanno spiegato Hubert/Mauss (1903) con le loro leggi della magia.

Ernest Rutherford (1911), quando propose un modello della struttura dell'atomo basato sull'entropia e sulla fisica dei corpi celesti – perciò detto *modello planetario dell'atomo* –, ribadì questa tendenza che abbiamo noi esseri umani a rielaborare i modelli di pensiero progressi¹⁹, prediligendo le associazioni, tipiche del pensiero magico, che rappresentano il simile col simile: secondo il modello di Rutherford, un nucleo positivo attrae gli elettroni negativi in virtù del principio di attrazione delle polarità opposte²⁰, per la legge di Coulomb; e gli elettroni orbitano intorno al nucleo (in orbite sferiche) per lo stesso motivo per cui la Luna orbita attorno alla Terra (e la Terra attorno al Sole). Allora la fisica delle particelle nasceva esattamente come un'estensione simmetrica della fisica dei corpi celesti: la logica simmetrica, tipica del pensiero magico e dell'inconscio.

Il postulato di Planck (1900) (l'eq. 4.9) consentì a Bohr (1913) di ipotizzare che gli elettroni dell'atomo orbitassero attorno al nucleo (come i pianeti orbitano attorno a una stella) seguendo alcune regole quantistiche: (1) ogni orbita (sferica) ospita un numero limitato e determinato (quantizzato) di elettroni²¹; (2) gli elettroni tendono a orbitare vicino al nucleo; (3) le orbite (concentriche) più distanti dal nucleo ospitano più elettroni perché misurano una lunghezza maggiore, perciò offrono più spazio agli elettroni; (4) un elettrone si colloca sull'orbita che dispone di almeno una posizione libera. La quantizzazione delle

18 Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493-1541), che si faceva chiamare Paracelsus ('uguale a Cleso', il medico romano del I sec. che scrisse un celebre trattato sulla medicina), fu un medico-alchimista-astrologo che pubblicò raramente in vita, ma i cui discepoli pubblicarono un corpo voluminoso di opere postume (perciò attribuibili incertamente a Paracelso), testimoni di quanto, ancora nel Rinascimento, la filosofia, la magia e la religione fossero (con)fuse con i primi accenni del pensiero scientifico moderno.

19 Sperber (1996) ha descritto la cultura come un sistema complesso di moduli combinatori.

20 Gli atomi si classificano secondo tre criteri: *numero atomico* ($Z = \Sigma p$), la sommatoria (Σ) di tutti i protoni (p), con carica positiva, presenti nel nucleo di un atomo; *massa atomica* ($A = \Sigma p + \Sigma q$), l'insieme di tutti i protoni (Σp) e (+) di tutti i neutroni (Σq), con carica nulla, presenti nel nucleo; *carica atomica* ($C = \Sigma p - \Sigma e$), la differenza (-) tra la quantità di tutti i protoni presenti nel nucleo (Σp) e di tutti gli elettroni (Σe), con carica negativa, che può restituire zero ($\Sigma p = \Sigma e$), per un atomo neutro, o che può restituire un numero positivo (il *catione*, con eccesso di protoni) o negativo (l'*anione*, con eccesso di elettroni), per uno *ione* (come teorizzato da Svante A. Arrhenius 1884).

21 Ogni orbita ospita $2n^2$ elettroni: n è il numero dell'orbita. La prima orbita ospita 2 elettroni ($2 \cdot 1^2$); la seconda orbita ospita $8 = 2 \cdot 2^2$ elettroni; la terza ne ospita $18 = 2 \cdot 3^2$; la quarta ne ospita $32 = 2 \cdot 4^2$; la quinta ne ospita $50 = 2 \cdot 5^2$; la sesta ne ospita $72 = 2 \cdot 6^2$; la settima ne ospita $98 = 2 \cdot 7^2$. Questo schema regolare fu confermato da Wolfgang Pauli (1925) col *principio di esclusione*, secondo cui gli elettroni possono occupare solo orbitali (la distanza r dal nucleo) specifici per livelli di energia ($E = mc^2$) altrettanto specifici.

orbite definisce un modello atomico a *stati stazionari*, cioè un modello in cui l'energia degli elettroni è costante e, perciò, le caratteristiche dell'atomo variano secondo quella costante.

La meccanica quantistica studia il comportamento di queste particelle infinitesimali: ce ne sono miliardi in una porzione infinitesima di materia. Perciò la meccanica quantistica è una *statistica* quantistica che studia il comportamento generale delle particelle: informa su cosa faranno in genere le particelle, ma non su quali particelle faranno quella certa cosa. Per es., la statistica quantistica spiega che gli elettroni si dislocano intorno al nucleo dell'atomo secondo il modello di Bohr (1913), ma non spiega *quale* singolo elettrone – e *perché* proprio quell'elettrone – graviti su un'orbita anziché su un'altra. I numeri coinvolti nella descrizione delle particelle sono talmente enormi da poterli gestire solo statisticamente. Ecco un altro aspetto del motto di Bohr, “*contraria sunt complementa*” (fig. 0.1): la scala microscopica per dimensioni si rivela macroscopica per estensione ed è impossibile prevedere il comportamento esatto di una particella esatta. Questa era l'indeterminatezza dell'*interpretazione di Copenhagen* (la città in cui si riunirono i fisici per discutere il significato della fisica di nuova generazione) spiegata da Heisenberg (1927), secondo cui la meccanica quantistica implicherebbe la rinuncia al determinismo, tipico (invece) della fisica classica.

*The extraordinary importance of the Copenhagen Interpretation lies in the fact that for the first time, scientists attempting to formulate a consistent physics were forced by their own findings to acknowledge that a complete understanding of reality lies beyond the capabilities of rational thought*²² (Zukav 1979: 38)

Kant lo aveva già stabilito quando sosteneva l'impossibilità di accedere alla comprensione del noumeno tramite la limitazione sensoriale dell'intelletto che analizza i fenomeni, come già spiegato al cap. 2.

4.4. All'ombra del quanto

Einstein spiegò che la trasformazione della massa in energia coincide con l'emissione di fotoni, ma spiegò anche come fosse possibile che un corpo privo di massa – come il fotone – potesse produrre energia. Lo fece unificando le idee di Heinrich R. Hertz, di Philipp Lenard e di Max Planck.

Hertz (1887b), studiando le proprietà del campo elettromagnetico, scoprì sperimentalmente l'*effetto fotoelettrico*, che si verifica quando l'intensità di un campo elettrico aumenta, se si illuminano gli elettrodi del circuito con una luce ultravioletta, cioè una luce con una certa *lunghezza d'onda* (λ), che dipende dalla frequenza ($\lambda = v/f$): la luce modifica il campo elettromagnetico. Lenard (1902) studiò l'effetto fotoelettrico e documentò come la luce provochi l'emissione di elettroni da una superficie metallica in funzione della frequenza della luce. Einstein (1905c) spiegò che il campo elettromagnetico stesso può “estrarre” elettroni da un metallo²³: un pacchetto (un *quanto*) di luce (un *fotone*) – il *medium* del campo elettromagnetico, secondo Maxwell (1865) – può esercitare un lavoro sufficiente a estrarre un elettrone dalla superficie di un metallo, se urta il metallo con abbastanza energia. L'idea si può capire sviluppando, come al solito, un discorso algebrico.

22 Trad. mia dall'ingl.: “L'importanza straordinaria dell'Interpretazione di Copenhagen sta nel fatto che per la prima volta, gli scienziati che provavano a formulare una fisica coerente erano costretti proprio dalle loro scoperte a riconoscere che una comprensione completa della realtà va oltre le capacità del pensiero razionale”.

23 L'effetto fotoelettrico chiarisce come funziona il fenomeno della *carica* elettrica (positiva o negativa). Un corpo *neutro* è costituito da atomi che hanno tanti elettroni (–) quanti protoni (+): il corpo diventa *carico positivamente*, cioè ha un eccesso di protoni, se perde elettroni per induzione o per sfregamento.

[4.9]

$$E = hf$$

Il *postulato di Planck* (1900) (l'eq. 4.9) rievoca la legge delle proporzioni multiple di Dalton (1808): rileva che la radiazione elettromagnetica (E) viene emessa in forma “quantizzata”, cioè in pacchetti discreti, distinguibili uno dall'altro, con valori numerici precisi, determinati dalla frequenza della radiazione (f) e dalla *costante di Planck* (h)²⁴. L'emissione della radiazione (f) è quantizzata perché risulta nulla ($f = 0$) al di sotto di una certa “soglia” (h): un fotone (il mediatore del campo elettromagnetico) viene rilasciato quando l'energia (E) raggiunge la soglia minima (hf), che può propagarsi nello spazio solo se l'“impulso” è *almeno* uguale al valore minimo del mediatore (h) (Chang 2017). In altri termini, Planck considerò la possibilità di dividere una quantità di energia (per es., un insieme continuo —) in un'infinità di “modi” alternativi (per es., i segmenti - - — - - oppure - - - — - - -, ecc.), ma soprattutto in parti uguali (- - - - -), cioè in funzione di un moltiplicatore *costante* (h). La meccanica quantistica nasceva così per studiare il movimento delle quantità discrete – i *quanti* – e minime (essenziali, indivisibili ulteriormente, atomiche) di un'onda di frequenza (f)²⁵. L'operazione intellettuale richiedeva lo sviluppo di una *logica probabilistica* relativa a miliardi di elementi infinitesimali; una logica completamente diversa da quella newtoniana, relativa ai corpi fisici standard: Birkhoff/von Neumann (1936) svilupparono la matematica necessaria a formalizzare la nuova logica.

Il valore piccolissimo della costante di Planck ($h = 6,626069 \cdot 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$) moltiplicato per il quoziente (la frequenza f) restituisce un prodotto (E) che dipende da *stati quantici* altrettanto piccoli e discreti: ciascuno dei quali individua uno stato della realtà perfettamente isolabile dagli altri nel tempo e nello spazio, benché la nostra percezione (incapace di cogliere quella “soglia quantica” infinitesima) ci illuda che la realtà trascorra con continuità, anziché discretamente. La percezione sensoriale si lascia sfuggire (non può cogliere) la distinzione tra i tanti “fotogrammi” di un film (gli stati quantistici della realtà); i sensi percepiscono l'esperienza di una continuità superficiale (—) che è profondamente discontinua (- - -); rievocando ancora una volta il rapporto kantiano tra fenomeni e noumeno e i paradossi come la polvere di Cantor già descritti al cap. 2.

L'idea della quantizzazione (che descrive una realtà intrinsecamente frammentaria) ha stravolto il modo di interpretare la natura in tutto il Novecento, dando un impulso particolare all'immaginario di scienziati, letterati e artisti visivi. Sembra che l'intelletto umano – l'attività di “leggere dentro” la realtà – abbia (ri)costruito l'idea di un noumeno sottostante ai fenomeni per risolvere il paradosso con cui dobbiamo confrontarci da Planck in poi: un'idiosincrasia evidente, se paragoniamo la nostra percezione (della continuità) con la quantizzazione pulviscolare (della materia). Il concetto kantiano di “noumeno” – o quello di “perfetta unità totale”, per le filosofie arcaiche, o di “insieme infinito simmetrico”, per Matte Blanco (1975/2000), o di “ordine implicito”, per Bohm (1980) – giustifica l'idea di un'unità compatta aprioristica, indifferenziabile e indivisibile, che sarebbe responsabile della nostra percezione di una continuità superficiale (—) laddove, invece, dovremmo riscontrare una frammentazione profonda (- - -): ciascun quanto è isolato dagli altri – c'è un vuoto che li separa – e sembra incomprensibile che questi “attimi” separati, di fatto, possano dare luogo alla percezione di una continuità; perciò è servita l'ipotesi di

24 L'idea di una quantizzazione della realtà riecheggia sin dalla filosofia classica: già Marco Aurelio (180/1986: 174) suggeriva di analizzare la voce dividendola “in ciascuno dei suoni che la costituiscono” e, allo stesso modo, di considerare la danza “in ogni sua mossa e figura”. Hadot (1981/2002/2005: 125) a proposito ha parlato proprio di un “metodo di analisi dei ‘*continua*’ in parti quantitative”: una forma di quantizzazione.

25 Attenzione al concetto di *onda*: “If you want to envision a quantum as a dot then you are trapped” (Zukav 1979: 262). Trad. mia dall'ingl.: “Se volete visualizzare un quanto come un punto allora vi siete intrappolati”.

un tessuto impercettibile – implicito, intuibile, ma non riscontrabile – che legghi i quanti come, per es., una pellicola lega i fotogrammi di un filmato, che pure sono separati individualmente, ma che rendono l'illusione di un movimento continuativo nel loro avvicendamento.

Gli stati quantistici si possono differenziare non solo rispetto a pacchetti elementari di energia (con l'eq. 4.9), ma anche rispetto a intervalli di spazio e di tempo minimi: la *lunghezza di Planck* (ℓ_P dell'app. 2 indica il raggio minimo affinché una massa atomica elementare possa esistere secondo l'eq. 3.50) e il *tempo di Planck* (t_P indica l'intervallo temporale minimo che, come tutte le misurazioni del tempo, deriva dalla misurazione dello spazio minimo, ℓ_P). La misurazione quantistica (usando la costante h) delle orbite che gli elettroni compiono intorno al nucleo restituisce dimensioni quantizzate delle orbite: stabilisce che il raggio (r) di un'orbita ha valore quantizzato, cioè che gli elettroni possono occupare solo certe orbite, a una certa distanza dal nucleo, come pensava Bohr (1913).

L'idea di Planck (1900) trovava giustificazione in un modello *filosofico* a lui contemporaneo:

andiamo così dal tutto alle parti, attraverso un lavoro di scomposizione, di cui più avanti vedremo la legge, e che consiste nello spezzettare, per la maggior comodità della vita pratica, la continuità del reale (Bergson 1896/2013: 139).

Einstein (1905c) dimostrò l'effetto fotoelettrico utilizzando il postulato di Planck: ipotizzò che la quantità di energia di un fotone (calcolata dall'eq. 4.9, $E = hf$) possa interagire con un elettrone sulla superficie di un corpo metallico, esercitando un lavoro (calcolato dall'eq. 3.41, $sF = mv^2$) che libera qualche elettrone dal legame con gli atomi del metallo:

$$[4.10] \quad K = hf - mv^2$$

Secondo l'eq. 4.10 un elettrone acquisisce un'energia cinetica (K), che equivale alla differenza tra l'energia originaria del fotone (hf) e il lavoro (mv^2) svolto dal fotone sull'elettrone. Al di sotto della soglia energetica (hf) – al di sotto del quanto – non c'è alcun fenomeno radioattivo; non c'è alcuna eccitazione di elettroni (che restano vincolati al metallo, anziché viaggiare nello spazio); non c'è trasmissione di energia.

L'elettrone in movimento, in funzione dell'energia cinetica (K), può essere *arrestato* da una differenza di potenziale elettrico (V) pari (=) all'energia cinetica (l'eq. 4.11 e la 4.12), cioè può essere arrestato da un flusso di elettroni spostati tramite un campo elettrico (V) *contro* l'elettrone spostato dal fotone (K):

$$[4.11] \quad V = K$$

$$[4.12] \quad V = hf - mv^2$$

La differenza di potenziale elettrico (V) può arrestare l'energia cinetica (K), ma ciò significa pure il contrario, se si legge l'eq. 4.12 da destra verso sinistra: l'energia cinetica (K) può diventare una differenza di potenziale elettrico (V) in un circuito; cioè il campo elettromagnetico può generare energia (E), come quella estratta dai pannelli fotovoltaici. L'energia cinetica (K) diventa calore, per lo sfregamento delle particelle eccitate dal lavoro (mv^2), se non viene trasformata in potenziale elettrico (V): il metallo si riscalda al sole e quel calore è una forma di energia che si può estrarre dal metallo.

L'interazione del fotone con l'elettrone, descritta da Einstein, spiega anche il fenomeno di repulsione tra le particelle con la stessa carica (+ o -) descritto dalla legge di Coulomb: il lavoro (mv^2) esercitato da un fotone su un elettrone eccita l'elettrone, liberandolo dal suo orbitale; perciò l'elettrone si muove in funzione dell'energia cinetica (K); e, se l'elettrone

eccitato si avvicina abbastanza ad un altro elettrone, l'elettrone eccitato rilascia quell'energia cinetica (K), cedendola al secondo elettrone, per poi tornare nel proprio orbitale, allontanandosi così dal secondo elettrone (Zukav 1979: 224-225). La spiegazione è scientifica (si basa sulla matematica), ma sembra che dipenda da un certo "bisogno" di equilibrio, tipico delle culture dell'ordine, altamente segmentate, preoccupate di conservare una purezza ideale, proteggendola dal pericolo delle contaminazioni (Douglas 1970; Rossi 2019).

Therefore, this extraordinary theory that particles exert a force on each other by exchanging other particles clearly is a free creation of the human mind²⁶ (Zukav 1979: 226).

La teoria di Einstein sull'effetto fotoelettrico è stata così "eccezionale" perché, dimostrando il modo in cui il campo elettromagnetico eccita gli elettroni, ha dimostrato pure che il campo elettromagnetico è costituito da fotoni quantizzati (hf), gli elementi discreti minimi descritti da Planck. Ma la teoria di Einstein lasciava aperta la questione della natura dei quanti, cioè se si dovesse considerare il fotone come un'onda (secondo la fisica di Planck) o come una particella (secondo la fisica classica).

Louis-Victor de Broglie (1925) risolse il dilemma cercando un sincretismo tra la teoria particellare di Einstein e quella ondulatoria di Planck; cercò di descrivere la materia come espressione di onde di particelle; cercò di assimilare l'eq. 3.17 (particelle dotate di massa) alla 4.9 (onde dotate di frequenza):

$$[4.13] \quad mc^2 = hf$$

L'eq. 4.13 uguaglia il membro destro della 3.17 e il membro destro della 4.9 perché presuppone un'uguaglianza tra i rispettivi membri sinistri ($E = E$); presuppone che la materia dimostri tanto un aspetto ondulatorio (secondo Planck, al membro destro) quanto un aspetto corpuscolare (secondo Einstein, al membro sinistro).

Le particelle viaggiano a velocità variabili e inferiori a quella della luce; perciò si può sostituire v^2 al posto della costante c^2 della 4.13:

$$[4.14] \quad mv^2 = hf$$

$$[4.15] \quad mv^2 = h \frac{v}{\lambda}$$

L'eq. 4.15 definisce la frequenza (f) come la velocità dell'onda (v) in rapporto alla lunghezza (λ) dell'onda ($f = v/\lambda$), cioè definisce la frequenza come il numero di ripetizioni di un ciclo dell'onda: quante volte la cresta passa per lo stesso punto in un certo lasso di tempo, cioè recupera la solita eq. 2.4 ($v = s/t$).

$$[4.16] \quad \lambda = \frac{hv}{mv^2}$$

$$[4.17] \quad \lambda = \frac{h}{mv}$$

L'eq. 4.17 dice che la lunghezza d'onda (λ) è funzione costante (h) della forza (mv), cioè che l'energia trasmessa dalla luce dipende dalla sua lunghezza d'onda, dalla sua frequenza, dalla sua velocità ($\lambda = v/f$). Perciò l'energia dipende da un sistema che contempla due possibilità: o il sistema esercita una forza capace di consentire quella velocità (v), op-

26 Trad. mia dall'ingl.: "Perciò questa eccezionale teoria per cui le particelle esercitano reciprocamente una forza scambiandosi altre particelle è chiaramente una creazione della mente umana".

pure il sistema rivela la velocità del *medium* come una sua caratteristica intrinseca. Il primo ramo del dilemma dipende da una logica causale (quale forza primigenia attiva il sistema?) e locale (dove agisce quella forza?); mentre l'altro ramo riconduce l'analisi alla fede pura e semplice, che confida in una caratteristica aprioristica, assimilabile alla credenza nel *qi* e nel *mana*. La luce e il "regime diurno" dell'immaginario umano, analizzati da Durand (1963/2009), regolano entrambi i rami del dilemma: i fotoni quantistici, l'illuminazione del *satori* buddhista, la luminosità del paradiso dantesco e lo *yang* soleggiato – a seconda del riferimento epistemologico che si preferisce adottare – operano come intermediari immateriali del discernimento, dello studio e della comprensione dei fenomeni naturali, tutti espressione dello stesso noumeno (il campo elettromagnetico) sottostante ai fenomeni naturali.

4.5. L'onda di Schrödinger

La meccanica quantistica considera la luce come una radiazione elettromagnetica: cioè il *risultato* di una reazione atomica che comporta il rilascio di fotoni. La radiazione sovrappone le caratteristiche di un'onda con quelle di una particella: l'origine dell'irradiazione (l'impulso primigenio) si può rilevare nelle interazioni delle masse, come accennato al cap. 5, e l'irradiazione si sviluppa nel campo come l'onda descritta con la fig. 4.1; mentre la velocità di trasmissione dell'informazione quantistica attraverso il campo (la famosa costante c) si può rilevare all'app. 4.

La natura dualistica della luce ha impegnato molti ricercatori e fonda tutta la meccanica quantistica. L'ennesimo esperimento della doppia fenditura di Davisson/Germer (1927), dopo Young (1802) e Taylor (1909), avrebbe confermato l'idea di de Broglie (1925), secondo cui i fotoni si comportano come particelle (eq. 3.17), ma anche come onde (eq. 4.9). Un fascio di luce polarizzata, orientato verso una paratia con due fenditure verticali, proietta sulla parete (dietro la paratia) uno *schema d'interferenza* con alcune zone di luce e alcune zone d'ombra; perché la luce si comporta come un'onda dopo essere uscita da ciascuna delle due fenditure; e le onde che filtrano da una fenditura interferiscono con le onde filtrate dall'altra fenditura, sommandosi (illuminando la parete in certe aree) o annullandosi (oscurando la parete in altre aree). Lo stesso risultato si ottiene se si irradia una nube di elettroni, anziché un fascio di luce, contro la stessa paratia con le due fenditure: gli elettroni (che sarebbero particelle dotate di massa, anziché onde) si dispongono sulla parete (dietro la paratia) secondo lo stesso schema d'interferenza dell'onda luminosa, colpendo le stesse zone illuminate ed evitando le stesse zone d'ombra, anziché colpire solo le due "proiezioni" delle fenditure sulla parete, come invece ci si aspetterebbe che facesse un proiettile, dotato di massa, che viaggiasse lungo una traiettoria rettilinea.

La statistica, ancora una volta, si rivelava capace di descrivere un comportamento generale (quello della nube di elettroni irradiati contro la paratia), costituito da milioni di particelle particolari.

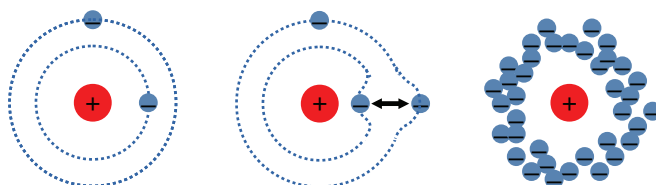


Fig. 4.3. L'effetto Coulomb (1785) nell'atomo e il modello di Schrödinger (1926).

Erwin Schrödinger (1926) operò l'ennesimo sincretismo tra le teorie della fisica: ipotizzò che gli elettroni (con carica negativa) gravitassero intorno al nucleo (con carica positi-

va) percorrendo orbite “distorte” (l’es. centrale della fig. 4.3), anziché circolari come quelle descritte dal modello di Rutherford (1911) e di Bohr (1913) (rappresentate nell’es. sinistro della fig. 4.3), perché due elettroni “allineati” devono respingersi secondo la legge di Coulomb (eq. 4.1). Perciò le orbite (sferiche) degli elettroni non avrebbero forma circolare o ellittica (come quelle dei pianeti), ma avrebbero una forma entropica, incerta o “continuamente mutevole” (per dirla con Eraclito e con l’*Yìjīng*), che avvolge il nucleo, cosicché la posizione di un elettrone andrebbe associata ad una *probabilità statistica*: l’elettrone potrebbe trovarsi in punto qualsiasi di un certo spazio, immaginato come una “nuvola” di possibilità (nell’es. destro della fig. 4.3), che sostituisce il concetto di *orbita* col concetto di *orbitale*. L’elettrone può trovarsi più o meno vicino al nucleo, a seconda del suo andamento nell’orbita, e ciò comporta che l’atomo *cambia forma incessantemente*.

La fig. 4.3 rappresenta configurazioni bidimensionali delle orbite e degli orbitali, ma l’elettrone orbita in uno spazio tridimensionale: perciò bisognerebbe immaginare l’orbitale dell’es. destro come una nuvola tridimensionale per un solo elettrone che circonda un nucleo (con probabilità variabile di trovare l’elettrone in un punto del volume dell’orbitale); e bisognerebbe immaginare più nuvole che si intersecano tra loro (perciò più di tre dimensioni) per più di un elettrone: un’idea impossibile da immaginare, ma accessibile con l’intuito puro o con la matematica.

Schrödinger costruì una formula (l’eq. 4.30) che descrive l’onda di *probabilità* (P) associata alla *possibilità* di trovare un elettrone in un certo punto dello spazio, cioè (per semplicità) nella superficie sferica ($s = 4\pi r^2$) di un’orbita che avvolge il nucleo a una certa distanza (r) da esso²⁷:

$$[4.18] \quad P(4\pi r^2) = 1$$

L’eq. 4.18 descrive la distribuzione di probabilità (P) di trovare una particella in un punto dello spazio ($s = 4\pi r^2$): la densità di probabilità è l’insieme di tutte le possibili posizioni della particella in quell’area (la superficie sferica $4\pi r^2$), dove la particella può spostarsi liberamente. La funzione descrive una situazione in cui la posizione della particella cambia ad ogni istante (per la legge dell’entropia), ma sempre riempiendo (virtualmente) tutto lo spazio disponibile – perciò sovrapponendosi ad altre particelle governate da altre funzioni d’onda (l’eq. 4.31 e la 4.32) – finché un’interazione della particella con altre particelle (per es., con quelle che costituiscono l’osservatore che conduce un esperimento) “localizza” la particella stessa, “attualizza” una delle possibilità sovrapposte ($P_i = 1$), e “fa collassare” tutte le altre possibilità ($P_j = 0$).

L’eq. 4.18 ammette la certezza (1 sta per il 100% di probabilità) di trovare l’elettrone in un punto qualsiasi della “nuvola” sferica perché un atomo *deve* avere almeno un elettrone sul primo orbitale (come l’atomo di idrogeno, il più semplice).

$$[4.19] \quad P = \frac{1}{4\pi r^2}$$

La trasformazione dell’eq. 4.18 nella 4.19 chiarisce che l’aumento della distanza (r) dell’elettrone dal nucleo – eseguendo la ricerca su un orbitale più lontano e perciò con area maggiore – diminuisce le probabilità di trovare l’elettrone perché aumenta l’estensione dell’area (sferica) in cui si cerca l’elettrone. Lo conferma il modello di Bohr (1913), per cui gli elettroni orbitano vicino al nucleo e si spostano su orbite più distanti solo quando “hanno bisogno” di spazio, se un’orbita risulta già occupata.

Schrödinger descrisse lo spostamento casuale dell’elettrone nell’orbitale, cioè descrisse l’energia che dà luogo a quella nuvola di possibilità. Lo fece costruendo una funzione

27 Max Born (1926) interpretò la funzione di Schrödinger come un’onda di probabilità (cfr. il cap. 4.6).

d'onda relativa all'energia complessiva dell'elettrone (E), che regola la distanza (r) tra l'elettrone e il nucleo, e che equivale alla somma dell'energia cinetica dell'elettrone (l'eq. 3.42; responsabile del movimento nell'orbitale) e della sua energia potenziale (V , che potrebbe arrestare il moto dell'elettrone nell'orbitale):

$$[4.20] \quad E = V + \frac{mv^2}{2}$$

L'eq. 4.20 può subire alcune trasformazioni formali, che comunque ne preservano il significato originale:

$$[4.21] \quad E = V + \frac{1}{2} mv^2$$

$$[4.22] \quad E = V + \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2 v^2}{m}$$

Innanzitutto l'eq. 4.21 esplicita il denominatore ($1/2$) dell'eq. 4.20; poi l'eq. 4.22 descrive il prodotto mv^2 (all'eq. 4.21) come il prodotto tra due quadrati (m^2v^2) diviso per m , cosicché la frazione riduca m^2 alla m originaria dell'eq. 4.21. Poi l'eq. 4.23 raggruppa i due membri dell'energia cinetica (l'eq. 3.42) appena riscritta:

$$[4.23] \quad E = V + \frac{(mv)^2}{2m}$$

L'eq. 4.17 di de Broglie (1925) si può riscrivere come:

$$[4.24] \quad mv = \frac{h}{\lambda}$$

Il membro destro dell'eq. 4.24 si può sostituire al prodotto mv della 4.23, per esplicitare la funzione in termini quantistici²⁸, cioè includendo la costante di Planck (h), che descrive l'elettrone come un'onda, anziché come una particella:

$$[4.25.1] \quad E = V + \frac{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2}{2m}$$

La lunghezza d'onda (λ) si esplica nell'orbita circolare compiuta dall'elettrone (secondo il modello classico), perciò λ può esprimere l'angolo giro ($360^\circ = 2\pi = \lambda$), che rappresenta anche l'insieme di tutte le fasi o di tutte le possibili posizioni dell'elettrone descritte in termini di numeri complessi (Penrose 1994/2005: 270-277):

$$[4.25.2] \quad E = V + \frac{\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}{2m}$$

Il rapporto $h/2\pi$ si riassume con la *costante di Planck ridotta* ($\hbar = h/2\pi$):

²⁸ Il rapporto h/λ esprime il lavoro (mv) anche per i fotoni, che non hanno massa ($m = 0$) e che teoricamente non dovrebbero esercitare alcun lavoro ($0v = 0$).

$$[4.25.3] \quad E = V + \frac{\hbar^2}{2m}$$

Un ragionamento parallelo, svolto dall'eq. 4.26 alla 4.29, completa il discorso di Schrödinger.

$$[4.26] \quad \psi(s) = A \cos(s)$$

L'eq. 4.18 e la 4.19 stabiliscono che l'energia dell'elettrone si esprime come un'onda di probabilità (ψ), che fluttua nello spazio (s) in funzione del coseno (cos) dell'ampiezza massima (A) dell'onda stessa (eq. 4.26): il coseno misura il rapporto tra la pendenza dell'onda (quanto velocemente si trasmette l'eccitazione da una particella all'altra lungo la curva nella fig. 4.1) e l'ampiezza dell'onda (quanto spazio, s , intercorre tra due picchi dell'onda).

Se l'eq. 4.26 descrive la funzione d'onda (ψ) in sé, le derivate (di primo e di secondo grado) dell'eq. 4.26 descrivono *come* fluttua quella stessa funzione d'onda: cioè come accelera. La derivata prima dell'eq. 4.26 ($\partial\psi/\partial s$) restituisce l'opposto (–) del seno (sin) dell'ampiezza d'onda (A)²⁹:

$$[4.27] \quad \frac{\partial \psi}{\partial s} = -A \sin(s)$$

La derivata seconda (∂^2 , cioè la derivata prima della derivata prima) restituisce il coseno dell'eq. 4.27:

$$[4.28] \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial s^2} = -A \cos(s)$$

Il confronto dell'eq. 4.28 con la 4.26 rileva la definizione fornita con l'eq. 4.29 seguente, dove il membro destro della 4.26 è l'opposto (–) del membro destro della 4.28. Perciò, per la regola algebrica dei segni opposti, l'opposto del membro sinistro della 4.28 equivale al membro sinistro della 4.26:

$$[4.29] \quad -\frac{\partial^2 \psi}{\partial s^2} = A \cos(s)$$

Calcolare l'energia (E) dell'elettrone significa moltiplicare l'eq. 4.26 (la funzione d'onda) per la 4.25.3 (l'energia quantistica dell'elettrone), cioè significa comporre l'energia della particella lungo tutta l'onda di probabilità:

$$[4.30] \quad E \psi(s) = \frac{-\hbar^2}{2m} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial s^2} + V \psi(s)$$

L'eq. 4.30 è la famosa *funzione d'onda* di Schrödinger (1926a: 362; 1926b: 510; 1926c: 109). $E\psi(s)$ è l'energia dell'elettrone interpretato come un'onda di probabilità (ciò che si sta descrivendo), cioè la variabile E della 4.25 moltiplicato per il membro $\psi(s)$ della 4.26. Le frazioni al membro destro dell'eq. 4.30 sono l'energia cinetica dell'eq. 4.25.3

29 Le dimostrazioni algebriche (che qui si considerano già acquisite) stabiliscono che la derivata prima del coseno equivale all'opposto del seno ($-\sin = \partial \cos / \partial x$), mentre la derivata prima del seno equivale al coseno ($\cos = \partial \sin / \partial x$).

moltiplicata per il membro sinistro dell'eq. 4.29 (da dove \hbar eredita il segno negativo). La restante parte del membro destro dell'eq. 4.30 è l'energia potenziale (V) dell'eq. 4.25.3 moltiplicata per il membro $\psi(s)$ della 4.26 (che equivale al membro sinistro della 4.29).

La complessità notevole dell'eq. 4.30 si riduce altrettanto notevolmente, se si nota che molti dei suoi membri hanno valori costanti: innanzitutto la costante di Planck ridotta (\hbar); poi il denominatore $2m$, che rappresenta il doppio della massa dell'elettrone (ogni elettrone ha la stessa massa degli altri elettroni). Le uniche grandezze variabili sono lo spazio (s) e la lunghezza d'onda (λ): perciò la probabilità di trovare un elettrone nella nuvola di possibilità di un orbitale (l'es. destro della fig. 4.3) varia in funzione dell'area in cui si effettua la ricerca (secondo l'eq. 4.19), cioè diminuisce al crescere di ∂s^2 , e varia in funzione della lunghezza d'onda, che è funzione della velocità di moto dell'elettrone (secondo l'eq. 4.17).

Le due variabili (s e λ) dell'eq. 4.30 impongono il vincolo più importante della statistica quantistica: o si risolve la funzione d'onda per s , estraendo la posizione della particella nello spazio, oppure si risolve l'equazione per λ , estraendo la velocità della particella; ma non si possono conoscere entrambe le variabili. Questo è il famoso *principio d'indeterminazione* di Heisenberg (1927). Inoltre la costante di Planck ridotta elevata al quadrato (\hbar^2) individua un'equazione di secondo grado, che restituisce due soluzioni sovrapposte (\pm), una positiva e l'altra negativa (Schrödinger 1926c: 112-113).

Without perception, the universe continues, via the Schrodinger equation, to generate an endless profusion of possibilities. The effect of perception, however, is immediate and dramatic. All of the wave function representing the observed system collapses, except one part, which actualizes into reality³⁰ (Zukav 1979: 79).

La meccanica quantistica individua un'“onda di probabilità” che descrive tutti gli stati possibili della realtà, tutti indifferenziati nell'onda (come il noumeno della fig. 0.1), e descrive le condizioni statistiche del loro verificarsi: l'interpretazione di Copenhagen sostiene che ogni attualizzazione della realtà (la percezione verticale che estrude la storia orizzontale nella fig. 0.1; o la percezione di un fenomeno kantiano che significa una porzione del noumeno) faccia collassare tutti gli altri stati possibili, escludendoli dalla percezione; mentre l'interpretazione ortodossa della fisica sostiene che ogni possibilità coesista in attualizzazioni (in realtà) coesistenti ma non interagenti (come gli altri vettori che si “irraggiano” dal noumeno della fig. 0.1). Questo dilemma dipende dalla duplicità (\pm) delle soluzioni possibili per la funzione d'onda (quadratica), che praticamente rilevano uno “sdoppiamento” continuo delle particelle elementari ad ogni loro “attualizzazione”.

4.6. Il mare di Dirac

La dualità (\pm) della funzione d'onda di Schrödinger (l'eq. 4.30) attrasse l'attenzione di un ingegnere inglese: Paul A. M. Dirac (1928), secondo cui gli esperimenti svolti in quegli anni fornivano risultati discordanti con la teoria quantistica dell'atomo. L'osservazione in laboratorio contava esattamente il doppio degli stati stazionari di un elettrone previsti dalla teoria quantistica, perciò Dirac accettò l'idea che due sistemi interagenti operassero come un sistema unico – cioè che un sistema influenzasse l'altro – benché separati, e formalizzò la sua idea con un'altra equazione celebre.

$$[4.31] \quad i\hbar\gamma^\mu\partial_\mu\psi - mc\psi = 0$$

30 Trad. mia dall'ingl.: “Senza percezione, l'universo continua, tramite l'equazione di Schrodinger, a generare un'abbondanza infinita di possibilità. L'effetto della percezione, comunque, è immediato e plateale. Tutta la funzione d'onda che rappresenta il sistema osservato collassa, tranne una parte, che si attua nella realtà” (cfr. la spiegazione fornita per l'eq. 4.15).

L'eq. 4.31 descrive la propagazione degli elettroni (con massa costante m) ricorrendo a diversi artifici matematici. Innanzitutto l'unità immaginaria (i), che implica soluzioni di segno opposto $(\pm 1)^{31}$, consente di rimuovere l'esponente dalla costante di Planck ridotta (\hbar^2) dell'eq. 4.30: il coefficiente $i = \pm 1$ assegna valori doppi a tutti gli altri fattori. Poi la matrice γ (con 4 righe e 4 colonne) identifica nel *continuum* spazio-temporale la variabile μ come una qualsiasi delle quattro coordinate (tre spaziali e una temporale), rispetto a cui si calcola la derivata (∂) della posizione spazio-temporale (μ), anziché calcolare la derivata seconda che implica l'esponente al denominatore (∂^2) dell'eq. 4.30. Poi, ancora, il prodotto mc dell'eq. 4.31 esplicita il lavoro (mc) come potenziale elettrico (V) costante dell'elettrone: la massa dell'elettrone (m) e la velocità della luce (c) sono invarianti rispetto a qualsiasi sistema. Lo spinore (ψ) recupera l'onda di probabilità di Schrödinger per descrivere il momento angolare di rotazione (lo *spin*) dell'elettrone e della sua antiparticella (implicata dalla doppiezza della soluzione con segno \pm) come funzione dell'eq. 4.26 o 4.29.

$$[4.32] \quad \pm \hbar \gamma^\mu \partial_\mu \psi = mc \psi$$

La trasformazione dell'eq. 4.31 nella 4.32 chiarisce perché la 4.31 valga zero in termini relativistici: se la particella fosse “a riposo” (cioè se non si muovesse e, perciò, se ne potesse determinare con certezza assoluta la posizione), l'energia potenziale ($mc\psi$) equivarrebbe all'energia cinetica. Il segno negativo ($-mc\psi$) dell'eq. 4.31 sostituisce il segno positivo ($+V$) della 4.30 perché l'unità immaginaria positiva ($+i$) della 4.31 sostituisce la costante di Planck negativa ($-\hbar$) della 4.30.

La funzione d'onda per Dirac ammette che gli elettroni assumano *contemporaneamente* stati di energia positiva e stati di energia negativa, da cui deriva il concetto di *sovrapposizione quantistica*: il valore (\pm) restituito risolvendo l'eq. 4.30 per \hbar^2 si riassume con la moltiplicazione per l'unità immaginaria (i) nella 4.31. Le due polarità ($+ e -$) si bilanciano per garantire la stabilità del modello, come hanno spiegato Bottino/Giunti (2006: 60): una scala di energia (E) deve mantenere un valore costante anche sottraendole un elettrone a carica negativa ($-e$), perciò “creando una lacuna”, come $E = E_{\text{vuoto}} - (-e) = E_{\text{vuoto}} + e$. Perciò lo stato energetico associato alla lacuna si lega a un'antiparticella omologa: il *positrone* (l'elettrone con carica positiva, anziché negativa), che Carl D. Anderson (1932) avrebbe scoperto sperimentalmente, come confermarono anche Chadwick/Blackett/Occhialini (1933). Allora la comunità scientifica ha cominciato a parlare di *antimateria* – rieditando ancora una volta il pensiero magico delle coppie duali, di cui visibile/invisibile e materiale/immateriale o fisico/spirituale sembrano essere le declinazioni più significative – perché, per la teoria di Dirac, il campo individua un'antiparticella corrispettiva ad ogni particella: ogni cosa ha la sua contropartita, ogni medaglia ha due facce, come mostra il *tàijítú* (☯).

La teoria simmetrizzante di Dirac risultava coerente con la tavola periodica degli elementi di Mendeleiev (1869), secondo cui il numero degli elettroni (con carica negativa) in orbita attorno a ogni nucleo compensa esattamente il numero dei protoni (con carica positiva) che costituiscono il nucleo di ogni atomo. Ma l'eq. 4.31 avrebbe trovato giustificazione anche nell'ipotesi del *mare di Dirac* (1930a): uno stato di *vuoto infinito* e impercettibile, ma intuibile (il noumeno), in cui sarebbero “immersi” i positroni (e^+) prima di emergere come elettroni (e^-) nella loro manifestazione materiale (il fenomeno). Anche questa idea di un “mare” – una massa confusa – da cui emergono coppie di elementi definiti (particelle/antiparticelle) rievoca le associazioni simboliche tipiche del pensiero magico e delle filosofie arcaiche, del “regime notturno” descritto da Durand (1963/2009), della dimensione acquatica, informe, destinata a essere contenuta in un contenitore, con forma specifica.

31 L'identità immaginaria $i^2 = -1$ implica $i = \sqrt{-1}$, perciò $i = \pm 1$ perché $(-1)^2 = 1 = (1)^2$.

Il vuoto infinito del mare di Dirac rievoca le relazioni tra 0 e ∞ discusse al cap. 2, che acquisiscono un significato scientifico oltreché filosofico e inconscio: anzi, filosofia, psicologia e scienza si sovrappongono con un esempio notevole di sincretismo. La via “equilibrata” del *Dàodéjīng* – perciò la dinamica delle polarità oppositive che, per Lévi-Strauss (1958), regolerebbe i saperi di ogni cultura e che, per Matte Blanco (1975/2000), amministra l’inconscio – ricorre nella teoria di Dirac forse più evidentemente che in quelle degli altri fisici quantistici che lo precedettero. Lo fa notare (indirettamente) Penrose (1994/2005: 281-282) quando spiega che la notazione matematica creata da Dirac (1930b) per descrivere gli stati quantistici (per es., il prodotto scalare $\langle \psi | \varphi \rangle$ nello spazio di Hilbert, che è un campo di vettori descritto al cap. 6) rappresenta numeri complessi (composti con l’unità immaginaria i) costituiti da coppie di stati *ortogonali* in cui l’elemento $\langle \psi |$ (uno stato della particella) è opposto e complementare all’elemento $| \varphi \rangle$ (l’altro stato simmetrico o “duale” della particella). Si potrebbe addirittura azzardare una descrizione di questa complessità come: $\langle \text{yin} | \text{yang} \rangle = \langle \text{yang} | \text{yin} \rangle$.

Ettore Majorana eliminò l’ipotesi “poco elegante” del mare di Dirac, isolando le due soluzioni sovrapposte dell’unità i (nell’eq. 4.31) con altrettanti gruppi paralleli di equazioni, “di cui l’uno agisce sulla parte reale, l’altro sulla parte immaginaria di ψ ” (Majorana 1937: 175)³². “In luogo di quanti immateriali si hanno particelle con una massa di riposo finita e anche esse con due possibilità di polarizzazione” (id.: 178), cosicché l’energia risulterebbe dalle componenti del campo materiali ed elettromagnetico.

Anche Bohm (1952) – senza citare Majorana – avrebbe suddiviso l’equazione di Schrödinger in due equazioni parallele: una per descriverne i termini reali e l’altra per quelli immaginari. Le due soluzioni consentono di descrivere le caratteristiche complete della particella, escludendo il collasso delle “variabili nascoste” (Bohm 1952: 171). I modelli che esplicitano le due soluzioni parallele – che esplicitano tutte le variabili – consente di violare la legge d’indeterminazione di Heisenberg (1927) perché teoricamente potrebbe indicare la posizione e la velocità della particella. Allora la fisica ha iniziato a distinguersi profondamente tra fisica sperimentale e fisica teorica: tra empirismo e filosofia.

Majorana e Bohm hanno ritenuto necessario esplicitare la doppiezza del modello di Dirac, descrivendola con due sistemi di equazioni paralleli (o sovrapposti) e reciprocamente relativi come le polarità dell’*Yījīng*; esplicitando (indirettamente) l’intuizione che Bohr nascose nel proprio emblema sincretico del 1947 (fig. 0.1).

Feynman/Leighton/Sands (1963/2013: III, 3) codificarono i tre principi generali della meccanica quantistica, usando l’algebra di Dirac (1930b) per descrivere l’ennesimo esperimento della doppia fenditura, condotto da Claus Jönsson (1961). Per il primo principio della meccanica quantistica, la probabilità che una particella emessa da un certo stato (s , la sorgente) muti in un altro stato (x , il bersaglio posto oltre le due fenditure) si calcola come il quadrato del modulo di un numero complesso ($z = x + yi$, dotato della componente reale, x , e della componente immaginaria, yi), che restituisce l’*ampiezza di probabilità*, secondo la funzione d’onda di Schrödinger (cfr. il cap. 4.5):

$$[4.33] \quad |\langle x | s \rangle|^2 = |z|^2$$

L’eq. 4.33 usa la notazione *bra-ket* di Dirac, secondo cui lo stato *ket*, $|s\rangle$ (da cui la particella ha origine), decade nello stato *bra*, $\langle x|$ (il bersaglio), con probabilità pari al quadrato del modulo (indicato con le due stanghette verticali) di un numero complesso, $|z|^2$. Il ricorso ai numeri complessi (z) è necessario per esplicitare le soluzioni duali della funzione d’onda (come già commentato per l’eq. 4.31), ma poiché $i^2 = -1$, è necessario considerare il *modulo* dell’unità immaginaria (i) per “normalizzare” l’ampiezza di probabilità (1 o

32 Erasmo Recami (2010: 28, 48-51) ha dimostrato che Majorana avrebbe concepito l’idea molti anni prima di decidersi a pubblicare l’articolo.

100%) del fenomeno esaminato: il modulo di un numero è il suo valore assoluto, che ignora il segno negativo (-), perciò $|i|^2 = |1|$, anziché $i^2 = -1$. Anziché fare riferimento a un numero naturale (come 1) o reale (come 0,8), si fa riferimento a un numero complesso (z) per rappresentare l'ampiezza di probabilità come un'onda, la cui fase ($i = \sqrt{-1}$) traduce sempre un valore (per es., il picco di una cresta) nel suo opposto (per es., il fondo di un avvallamento) (cfr. il commento all'eq. 4.34).

Max Born (1926) intuì l'opportunità di interpretare la meccanica quantistica come una rappresentazione statistica della realtà: intuì che la funzione d'onda di Schrödinger rappresentava un'onda di probabilità, tramite cui la teoria quantistica poteva fornire un modello sperimentale; intuì la differenza sostanziale tra il concetto di *probabilità*, espresso con l'equazione $|\langle x|s \rangle|^2 = |z|^2$, e il concetto di *ampiezza di probabilità*, espresso con l'equazione $\langle x|s \rangle = z$; ma non riuscì a giustificare né a spiegare la propria intuizione (come non ci riuscirono i suoi colleghi nel corso dei decenni successivi), benché i dati sperimentali dimostrassero l'affidabilità di quell'intuizione. La *regola di Born* – che consiste nel definire un modello quantistico come l'ampiezza di probabilità di verificare un evento atomico – dimostra che il metodo scientifico (che invoca dimostrazioni e spiegazioni oggettive a sostegno di ogni tesi) procede lungo un percorso inconscio (intuitivo), anziché razionale (logico), come fanno le discipline spirituali: la scienza confida nella regola di Born, benché la regola sembri ingiustificabile.

$$[4.34] \quad \langle s|x \rangle = \langle x|s \rangle^*$$

L'eq. 4.34 descrive la dualità quantistica dell'onda come la probabilità di passare da uno stato $|x\rangle$ a uno stato $\langle s|$, cioè il *coniugato complesso* della 4.33 (indicato dall'asterisco in apice al membro destro della 4.34)³³, cioè lo stato contrario della condizione originaria $\langle x|s \rangle$ (eq. 4.33), che si calcola come un numero complesso con l'unità immaginaria $-i$, anziché i , cosicché l'ampiezza di probabilità restituisca comunque $|i|^2 = |1|$. L'eq. 4.34 esprime proprio la *circolarità* del moto ondoso perché il quadrato di un coniugato complesso è $z^2 = (x+yi)(x-yi)$, che si può sviluppare come $z^2 = x^2 - xyi + xyi - y^2i^2$, quindi $z^2 = x^2 - y^2i^2$, che a sua volta si semplifica in $z^2 = x^2 + y^2$ perché il quoziente i^2 (che vale -1) trasforma $-y^2$ nel suo opposto (y^2). E, poiché l'ampiezza di probabilità descritta con l'eq. 4.33 restituisce la certezza (1 o 100%) di individuare una particella nell'orbitale esaminato (cfr. l'eq. 4.18), si ottiene l'identità $x^2 + y^2 = 1$, che è proprio l'equazione di una circonferenza.

L'eq. 4.34 ammette la possibilità di un'inversione temporale degli eventi (dallo stato finale $\langle x|$ allo stato iniziale $|s\rangle$ al membro sinistro, rispetto al sistema originale, coniugato al membro destro), come già Luigi Fantappiè (1944/2011) aveva notato (cfr. le conclusioni di questa ricerca). L'eq. 4.34 è come se dicesse che una particella può raggiungere un bersaglio, ma può anche tornare indietro nel tempo allo stato originario, per essere emessa nuovamente e raggiungere un altro stato. L'inversione temporale giustificerebbe l'unità compatta del noumeno kantiano che raccoglie ogni possibile stato finale della particella, indipendentemente dal fenomeno percepito sensorialmente da una persona, che fa collapsare la particella in uno stato univoco.

Il secondo principio della meccanica quantistica stabilisce che, se una particella può raggiungere un certo stato (x) passando tramite *due stati diversi e sovrapposti* (le due fenditure, A e B , nella parete dell'esperimento), l'ampiezza totale della probabilità è data dalla somma delle due ampiezze particolari, conformemente al principio di sovrapposizione di Dirac fornito con l'eq. 4.32:

$$[4.35] \quad \langle x|s \rangle = \langle x|s \rangle_A + \langle x|s \rangle_B$$

33 L'eq. 4.34 consente di recuperare e sviluppare l'intuizione azzardata poc'anzi: $\langle yin|yang \rangle = \langle yang|yin \rangle^*$.

L'eq. 4.35 descrive la sovrapposizione (+) dei due stati al membro destro come una caratteristica dello stato complessivo $\langle x|s\rangle$ e implica: $\langle x|s\rangle_A + \langle x|s\rangle_B = |i_A + i_B|^2$, secondo la 4.33.

Il terzo principio della meccanica quantistica stabilisce che uno stato intermedio (A, cioè il passaggio attraverso una fenditura), tramite cui l'emissione di una particella $|s\rangle$ raggiunge un certo stato finale $\langle x|$, modifica l'ampiezza di probabilità complessiva (l'eq. 4.33) come un prodotto scalare degli stati intermedi:

$$[4.36] \quad \langle x|s\rangle_A = \langle x|A\rangle\langle A|s\rangle$$

L'evoluzione della particella descritta dall'eq. 4.36 si legge da destra verso sinistra: dall'origine (s) allo stato transitorio (A) e da questo allo stato finale (x). Perciò si dice che l'algebra di Dirac *non commuta*, cioè non è invariante come l'algebra classica: il prodotto aritmetico ab restituisce lo stesso risultato della moltiplicazione ba , ma il prodotto interno $\langle x|s\rangle$ restituisce un numero, dato dalla somma delle moltiplicazioni tra i valori elencati nel vettore riga, $\langle x|$, e nel vettore colonna, $|s\rangle$, mentre il prodotto esterno $|s\rangle\langle x|$ restituisce una matrice.

$$[4.37] \quad \langle x|s\rangle = \langle x|A\rangle\langle A|s\rangle + \langle x|B\rangle\langle B|s\rangle$$

L'ampiezza individuata col secondo principio (l'eq. 4.35) si può precisare ricorrendo al terzo principio (l'eq. 4.36), cioè scrivendo l'eq. 4.37, secondo cui una particella con origine nello stato $|s\rangle$ ha la stessa probabilità ($|i|^2$) di raggiungere lo stato $|A\rangle$ e (+) lo stato $|B\rangle$, da cui poi prosegue il tragitto per raggiungere il bersaglio $\langle x|$.

4.7. Legami a distanza

Le teorizzazioni matematiche discusse in questo capitolo trovano riscontro nella fisica sperimentale che si è sviluppata dagli anni Sessanta in poi. Le *camere a nebbia* di Charles T.R. Wilson (1897; 1899) e le *camere a bolle* di Donald A. Glaser (1952) hanno consentito di visualizzare il comportamento delle particelle come tracce (bollicine) lasciate in un liquido dall'interazione tra le particelle lì presenti, accelerate da un grande campo magnetico (una bobina elettrificata avvolta intorno alla camera) e fotografate da angolazioni diverse. L'osservazione di una particella (A) in sistemi perfettamente identici restituisce misurazioni diverse ($a, a', a'',$ ecc.), che riconducono le aspettative su quella particella (A) a una nube di probabilità statistica quantistica (cfr. l'eq. 4.30), anziché a valori determinati perfettamente (come quelli newtoniani); e la misurazione ($a, a', a'',$ ecc.) modifica ulteriormente le aspettative sullo stato della particella (A' , cioè A dopo la misurazione), che non è più commensurabile con lo stato precedente ($A \neq A'$).

Le misurazioni delle particelle si eseguono anche in *grandi collisori* (come il *Large Hadron Collider* del CERN di Ginevra, lungo 27Km), costruiti dall'inizio del XXI sec., che analizzano il comportamento della materia nel corso degli *eventi* (urti) tra particelle accelerate a velocità prossime a quella della luce. Solitamente un evento fa *decadere* una particella a carica nulla (A) che produce *due nuove particelle* di carica opposta (A^+ e A^- , rappresentate dall'unità immaginaria $i^2 = -1$), anziché sparire nell'urto o scindersi in due particelle minori. La teoria del campo (fig. 4.1) può spiegare parte di questa assurdità apparente: l'energia cinetica dell'evento (residua in seguito all'urto) si trasferisce nel campo – secondo la legge di conservazione dell'energia – e lo attiva in un punto, facendo *apparire* una particella nuova dal nulla, cioè da una porzione di campo prima inattiva.

La carica delle due particelle neonate si può stabilire solo misurando la carica di una delle due particelle, interagendo con essa (per es., colpendola con un fotone): la misura-

zione di una delle due particelle neonate fa *collassare* l'altra nello stato complementare della particella misurata. Una misurazione (per es., A^+) determina lo stato duale dell'altra particella (A^-). Entrambe le particelle permangono in una condizione di *sovrapposizione* incerta e potenziale (A^\pm) fino al momento in cui la misurazione di una delle due particelle fa collassare l'altra: le particelle perciò si dicono *entangled* (ingl., 'intrecciate', 'invischiate') tra loro, oltreché intrecciate all'apparato di misurazione stesso, che interagisce con esse.

Lo stato d'intrecciamento quantistico – l'*entanglement* – implica una trasmissione dell'informazione a una velocità superiore a quella della luce perché la misurazione di una particella fa collassare l'altra *immediatamente*, senza ritardo, anche a distanze notevoli; contraddicendo la teoria della relatività ristretta di Einstein. Perciò Einstein/Podolsky/Rosen (1935) ipotizzarono che alla meccanica quantistica sfuggissero alcune "variabili nascoste", che costringerebbero l'interpretazione di Copenhagen a rinunciare al determinismo, cioè alla possibilità di predire lo stato futuro di un sistema dopo averne analizzato lo stato presente.

John S. Bell (1964) dimostrò che rinunciare alla meccanica quantistica dualista, favorendo il determinismo classico, avrebbe implicato accettare un *superdeterminismo* talmente totalizzante (talmente "unico" come il pensiero discusso nell'introduzione di questo libro) da implicare l'assenza del libero arbitrio (così lasciando intendere che la preferenza per una o per l'altra teoria dipenda da una cornice "morale", anziché da una matematica): si potrebbe rifiutare l'*entanglement* (A^\pm) e accettare l'idea che l'informazione viaggi con velocità istantanea, superiore a quella della luce, tra le particelle (A^+ e A^-), se si ammettesse che lo stato (+ o -) di ciascuna particella fosse predeterminato – come anche ogni altro stato dell'universo intero dovrebbe essere predeterminato – cosicché la misurazione sarebbe addirittura superflua perché non influenzerebbe lo stato (+ o -) della particella; anzi, l'atto stesso della misurazione e la volontà di misurare una particella sarebbero predeterminati da altri stati intrecciati nel *continuum*. L'informazione sarebbe *non-locale*, cioè indipendente dalla posizione spazio-temporale della particella e del misuratore, perché sarebbe "involuppata" in un complesso informativo che ricorda proprio il noumeno kantiano discusso al cap. 2. La "mano invisibile" teorizzata da Adam Smith (1759) – quando l'economia adottava ancora il linguaggio della speculazione filosofica, anziché quello matematico puro – già ammetteva la possibilità (di matrice presbiteriana) di un ordine collettivo indipendente dalla volontà dei singoli e, anzi, responsabile delle loro volontà; un fenomeno ormai assodato dalla psicologia e definito *priming* (ingl., 'innesco', 'preparazione'), secondo cui "le nostre azioni ed emozioni [sono] innescate da eventi di cui non siamo neppure consapevoli" (Kahneman 2011/2018: 70) perché la mente processa reti di informazioni che producono comportamenti spesso involontari o basati su una volontà fittizia.

Hensen *et al.* (2015) hanno dimostrato sperimentalmente la fondatezza del teorema di Bell (1964), cioè hanno dimostrato la natura dualista della materia, teorizzata dalla meccanica quantistica: hanno realizzato un evento che producesse due particelle *entangled* in un laboratorio; e hanno inviato le due particelle a due laboratori diversi, equidistanti dal primo e distanti 1.280m l'uno dall'altro; hanno misurato contemporaneamente le particelle, cosicché la distanza tra i laboratori evitasse che il risultato raccolto in un laboratorio potesse raggiungere l'altro laboratorio prima di ottenere il risultato dell'altra misurazione. Le misurazioni contemporanee hanno restituito valori divergenti: A^+ in un laboratorio e A^- nell'altro. Perciò sembrerebbe proprio che la natura produca materia duale, cioè che produca la materia rispettando quella legge dell'equilibrio che ritorna nelle equazioni usate dai fisici e dagli economisti, cioè la legge che organizza il pensiero umano.

La realtà dell'*entanglement* sembra recuperare l'idea di Leibniz, secondo cui ogni monade si legherebbe funzionalmente alle altre monadi nella loro *essenza* reciproca; ma questo legame funzionale resterebbe implicito, "piegato" (anziché spiegabile), indeterminabile

e inaccessibile, impossibile da esplicitare a causa di una lacuna. Così l'*entanglement* avrebbe (re)introdotta nella fisica teorica l'idea di una connessione immanente e inscindibile – strutturale – tra parti, pur diverse, dello stesso *continuum*; portando la fisica sperimentale – cioè la cultura occidentale della misurazione, del test e della verifica³⁴ – a confrontarsi con uno stato “implicito” della materia e dell'informazione; a confrontarsi col noumeno kantiano, col *Dao* cinese, col *Brahman* induista.

L'invischiamento quantistico, fondato sulla dualità del mare di Dirac, nonostante le equazioni parallele di Majorana e di Bohm, si può spiegare solo ricorrendo a una visione unitaria come quella delle filosofie classiche: una dualità arcaica che, dai classici greci e cinesi, ricorre anche nella filosofia scientifica di Whitehead (1929), contemporanea dell'interpretazione di Copenhagen. Un “ordine implicito” (Bohm 1980) unifica ogni differenza, come il noumeno dipana tutta l'esperienza percettiva dei fenomeni: la spiegazione potrebbe sembrare una speculazione come tante altre, ma la scienza la ammette e il grande pubblico ha iniziato ad abituarsi grazie alle grandi narrazioni fantastiche del Novecento; grazie alla fantascienza, che evita di esprimersi per equazioni e formule matematiche, ma che usa l'immaginazione per descrivere mondi inaccessibili ai sensi, proprio come fa la fisica. Anzi, molti strumenti tecnologici di uso quotidiano sono stati immaginati proprio dalla fantascienza: basti pensare alle “carte di credito”, ideate da Edward Bellamy (1888), o al “comunicatore”, usato dai personaggi della serie televisiva *Star Trek* (creata nel 1966 da Gene Roddenberry), che ha anticipato il telefono cellulare o, ancora, al *cyber-spazio* di William Gibson (1984; 1996) e al *metaverso* di Neal Stephenson (1992), che hanno anticipato l'Internet di Tim Berners-Lee (1989) e la sua estetica, oltretutto le intelligenze artificiali più recenti.

Anche la narrativa fantastica del primo Novecento – soprattutto quella prodotta da Howard P. Lovecraft – ha saputo intercettare il senso del progresso scientifico che si stava compiendo in quegli stessi anni, addirittura anticipandone le conseguenze più recenti.

Lovecraft/Hoffman (1932/1934/1993) intuirono innanzitutto le somiglianze tra la magia, l'esoterismo orientale e la fisica delle particelle quando scrissero un romanzo breve sulla connessione tra sogno e realtà, sulla possibilità di accedere a una consapevolezza “totale” per cui “nozioni come l'età e l'ubicazione spaziotemporale non ebbero più alcun significato” (p. 274). Descrissero addirittura le “dilatazioni” dello spazio e del tempo (pp. 275 e 284); e accennarono una convergenza della fisica verso l'esoterismo:

Era l'Uno-Tutto e il Tutto-in-Uno dell'essere e del sé illimitati. Non semplicemente un continuum spaziotemporale, ma una cosa congiunta all'essenza vitale ultima del cerchio sconfinato dell'esistenza. Il cerchio completo ultimo e totale che non ha confini e che trascende l'immaginazione e la matematica” (p. 283).

Il mondo dell'uomo e dei suoi dèi è una mera fase infinitesimale di una cosa infinitesimale [...]. Anche se l'uomo lo prende come realtà, e formula pensieri tipici del suo originario multi-dimensionale, in verità è l'esatto contrario (p. 285).

L'uomo pensa al tempo soltanto in virtù di ciò che chiama cambiamento, ma anche quest'ultimo è illusione. Tutto ciò che era, che è, e che sarà, esiste simultaneamente (p. 286).

Quel romanzo breve faceva riferimento anche ai limiti concettuali imposti dalle “prospettive locali e parziali” (p. 286), anticipando un tecnicismo tipico della teoria di Bohm (1980) sulla meccanica quantistica; e suggeriva anche il viaggio di un’“onda luce” attraverso lo spazio, anticipando la teoria dell'*onda pilota*, sempre di Bohm (1952); e spiegava la relatività delle percezioni cognitive per spiegare come due entità separate possano esprimere diversamente un *continuum* medesimo:

34 Michel Foucault (1975) e Jean Baudrillard (1976) hanno dimostrato come le culture e le società occidentali siano fondate su logiche di potere che presuppongono il controllo: cioè l'acquisizione delle informazioni e la loro manipolazione.

Come le forme prodotte dall'intersezione di un cono sembrano mutare a seconda dell'angolo di intersezione – creando un cerchio, un'ellisse, una parabola o un'iperbole in base all'angolo, eppure senza apportare mutamenti al cono stesso – così gli aspetti locali di una realtà immutabile e infinita sembrano cambiare a seconda dell'angolazione cosmica e del punto di vista (Lovecraft/Hoffman 1932/1934/1993: 286).

Questa citazione del racconto fantastico anticipava il famoso esempio proposto da Capra (1975/2005: 171-172) dei due cerchi disgiunti che possono risultare dall'intersezione di un piano bidimensionale con un toro tridimensionale, “a seconda dell'angolo d'intersezione” del piano (fig. 4.4).

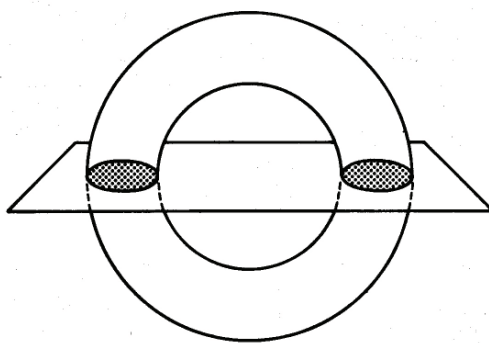


Fig. 4.4. *Metafora di Capra (1975/2005: 172) sulla continuità che accomuna due elementi diversi.*

Sin dal XVIII sec. la cultura occidentale ha dimostrato la capacità di immaginare scientificamente e speculativamente – anche finzionalmente – un complesso informativo non-locale e indifferenziato, compatto e inaccessibile; un noumeno che la mente umana degli individui singoli riesce a intuire in rari momenti d'illuminazione, ma che la cultura comprende, accoglie e adotta solo compiendo sforzi – e giochi linguistici – lunghi e lenti, ancora in corso di sviluppo.

5. Olonomia

Esiste una sola Mente. Ma sotto di essa lottano due principi. [...] Lui fa sì che le cose sembrino differenti, per simulare il trascorrere del tempo. [...] Apollonio di Tiana, scrivendo sotto il nome di Ermete Trismegisto, disse: “Ciò che è sopra è ciò che è sotto.” Con questo voleva dire che il nostro universo è un ologramma, ma gli mancava il termine (Dick 1981/2011: 238-239).

5.1. Scienza fantastica

L'*olonomia* (dal gr., *ὅλος*, ‘tutto’, ‘completo’, con *νομός*, ‘campo’, ‘sede’; perciò ‘campo completo’) è uno strumento matematico introdotto da Élie J. Cartan (1926) – che sviluppò la nozione di “parallelismo”, elaborata da Tullio Levi-Civita (1917) – per operare trasformazioni geometriche, come trasportare i vettori sulle superfici curve (per es., quelle relativistiche dello spazio-tempo einsteiniano), anziché piane (euclidee). La traslazione o la rotazione di un vettore in uno spazio piano preserva le caratteristiche proprie del vettore (la “linea” resta sempre uguale a se stessa, se viene trasportata nel piano cartesiano); mentre uno spazio curvo modifica la “forma” del vettore (lo relativizza) perché ogni traslazione o rotazione deve adattare la forma del vettore alla curvatura della superficie. Una funzione può sembrare una retta in una porzione limitata di spazio, ma può comportarsi come una linea curva lungo lo spazio intero¹. L'*olonomia* trasforma qualcosa in qualcos'altro all'interno di un campo vettoriale complesso; cambiando la forma, ma preservando il significato della cosa trasformata.

Le trasformazioni algebriche studiate nei capitoli precedenti possono rappresentare idealmente una forma (impropria) di *olonomia* perché consentono di modificare le formule strutturali dei modelli matematici, preservandone il significato, ma anche svelando significati impliciti ulteriori; consentono di modificare la forma espositiva, preservando il contenuto originario del pensiero; addirittura svelando o estrinsecando – “spiegando” (cfr. il cap. 2) – i significati involuppati nel contenuto intrinseco di un enunciato.

L'*olonomia* sembra essere la chiave del codice dei saperi scientifici del terzo millennio, così come il metodo analitico della matematica è diventato il linguaggio della ricerca scientifica nel corso dell'Ottocento e del Novecento. E l'*olonomia* (uno strumento teorico) ha trovato una continuità pragmatica nell'olografia (una tecnica fotografica), che ha consentito di sviluppare ulteriori teorie del cosmo e della mente, a dir poco mistiche, che pretendono una (ri)lettura filosofica e psicologica della scienza, fatte salve le critiche come quelle mosse da Henry J. Caulfield (2002) a certe speculazioni puramente gratuite.

Gli autori di fantascienza del Novecento (cap. 4) avevano già intuito la deriva filosofica e metafisica che la scienza avrebbe preso nel futuro più prossimo:

Il filo conduttore della fantascienza più recente è la ricerca dell'autenticità dell'esistere, il disvelamento dell'inganno su ciò che appare reale, la paura di vivere nell'inconsapevolezza di un'esistenza illusoria [...] e] inseguire un sogno: comprendere il senso della propria esistenza, sentirsi parte dell'universo e trasformarsi con esso (Carotenuto 2001: 216-219).

1 Per es., una persona tornerebbe al punto di partenza, se camminasse verso nord per 30m, poi verso est per 30m, poi verso sud per 30m e finalmente verso ovest per 30m, perché la curvatura terrestre è influente su una scala così ridotta; ma la stessa persona giungerebbe in una località diversa da quella di partenza, se viaggiasse verso nord per 3000Km, poi verso est per 3000Km, poi verso sud per 3000Km e infine verso ovest per 3000Km; e dovrebbe *trasformare* la lunghezza dei vari tragitti, se alla fine del viaggio volesse ritrovarsi al punto di partenza.

La letteratura fantascientifica ha subito il fascino dei progressi scientifici e li ha veicolati al grande pubblico usando cornici semantiche finzionali ed evasive che, ciononostante, dimostrano una certa funzionalità sistemica; dimostrano una portata epistemologica perché hanno contribuito a fondare l'immaginario e il sapere collettivo dell'Occidente contemporaneo. Howard P. Lovecraft e Philip K. Dick hanno fornito gli esempi più lampanti di questa intermediazione tra saperi scientifici e cultura popolare.

Dick è stato un autore di fantascienza ossessionato dalla confusione tra realtà e allucinazione (come rileva la biografia scritta da Emmanuel Carrère 1993), tra azione e replica (Ridley Scott ha reso famosi i suoi androidi col film *Blade Runner* del 1982), tra simulacri e simulazioni (una fragilità semantica elevata al rango di filosofia della postmodernità da Jean Baudrillard 1981). Quasi tutta la sua produzione letteraria testimonia la sua schizofrenia; ma un'opera che ha anticipato significativamente i percorsi scientifici è quella in cui Dick (1962) descrisse un mondo ucronico (immaginando la vittoria della seconda guerra mondiale da parte dell'Asse) in cui Nobosuke Tagomi, un personaggio ossessionato dall'*Yìjīng*, vive una dissociazione spazio-temporale improvvisa, che gli fa percepire un universo parallelo a quello in cui il personaggio, nella narrazione, ha agito fino ad allora. La stessa idea era stata intuita cinque anni prima da Hugh Everett (1957) nella sua interpretazione della fisica quantistica, poi ribattezzata *multiverso* (universo multiplo) o *many-worlds* (ingl., 'tanti mondi') da altri scienziati, come Max Tegmark (2003), e sviluppata da altri scienziati ancora, secondo la descrizione del campo già fornita al cap. 4:

*the difference is that in the Everett view, all these worlds actually exist in manifest form, while in our approach, they are present only in the implicate order as non-manifest and inactive information. However, in the causal interpretation, only one of these worlds is fully actualized and manifest. (Rather, as in the case of a dancer, many possibilities are present, but only one is actualised.)*² (Bohm/Hiley/Kaloyerou 1987: 346).

Dodici anni dopo la stesura di quel romanzo, Dick arrivò a credere veramente in ciò che aveva immaginato, al punto da iniziare la stesura di una *esegesi* (Dick/Jackson/Lethem 1974-1982/2011), che curò fino alla sua morte improvvisa nel 1982. Dick nell'*esegesi* raccolse tutte le prove oggettive dell'esistenza di un universo alternativo, che l'autore asseriva di aver percepito nel 1974, in condizioni simili a quelle che aveva descritto al cap. 14 del suo romanzo distopico: la fantasia del 1962 aveva anticipato la realtà del 1974 quando Dick (come Tagomi) vide il riflesso casuale di un lampo in un ninnolo e, improvvisamente, percepì la realtà circostante cambiare per alcuni secondi, rivelando una realtà parallela; come se quel lampo (l'illuminazione) avesse attivato una potenzialità della sua mente o, al contrario, avesse interrotto una sorta di censura (il "velo di *Māyā*" descritto da Schopenhauer). Allora Dick pensò che il cervello potesse trasformare le percezioni; che potesse modificare la rappresentazione formale di un insieme informativo; che potesse leggere più versioni parallele di un fenomeno, estraendo informazioni inscritte nel noumeno kantiano, ma inaccessibili alla coscienza localizzata spazio-temporalmente.

Il protagonista di un altro racconto di Dick (1968), Garson Poole, scopriva di essere un androide e di percepire la realtà secondo impulsi e dati registrati lungo una bobina installata all'interno del proprio torace: gli intervalli di nastro perforato formavano un codice binario di 1 e 0 (come *yin* e *yang*), un circolo di dati continui, ripiegati su loro stessi (re-plicati), responsabili dei comportamenti dell'androide (il re-plicante). Intervenendo sul codice a nastro, il protagonista interferiva sulla propria percezione della realtà; arrivando addirittura a condensare tutte le possibili esperienze sensoriali in un *loop* (ingl., 'struttura ad

2 Trad. mia dall'ingl.: "la differenza è che nella visione di Everett, tutti questi mondi esistono proprio in forma manifesta, mentre nel nostro approccio, sono presenti solo nell'ordine implicito come informazione non-manifesta e inattiva. Comunque, nell'interpretazione causale, solo uno di questi mondi è completamente attualizzato e manifesto. (Come, per un ballerino, tante possibilità sono presenti, ma solo una viene attuata)".

anello’, ‘ciclo’, ‘reiterazione’): così immaginando il noumeno kantiano, l’assoluto, proprio come una leminscata (cfr. il cap. 1). Il nome del protagonista, Poole, del resto è una trasformazione linguistica del vocabolo *loop*: probabilmente un *e-loop*, un ciclo elettronico.

Gli elementi della narrativa dickiana hanno qualcosa in comune con la riformulazione della meccanica quantistica proposta inizialmente da Everett e poi sviluppata da Bryce DeWitt (1970) e da Tegmark (2003): lo dimostrava David Bohm quando, descrivendo la struttura della coscienza, parlava apertamente di uno “show” allestito dall’inconscio per mascherare i processi mentali che legano l’ego dell’osservatore all’ego del soggetto osservato; due processi che agiscono unitariamente in ciascun individuo (Nichol 2003: 239).

Everett (1957) propose una “meccanica delle onde pure” capace di escludere il collasso della funzione teorizzato dall’interpretazione di Copenhagen. La distinzione tra il sistema osservato e quello di misurazione (osservante) impedisce una descrizione dell’universo come una totalità univoca, ma implica una “relativizzazione” continua di sistemi che partecipano allo stesso *continuum*. L’interpretazione di Copenhagen spiegava che una misurazione (come quelle effettuate nelle camere a bolle e nei collisori) modifica lo stato del sistema e lo fa evolvere in modo diverso da come quel sistema stesso si sarebbe evoluto senza quella misurazione. Per questo motivo autori come Zukav (1979) sostengono che le azioni umane e addirittura i pensieri possano “creare” la realtà: perché alterano il collasso del *continuum*, dando luogo a interazioni che definiscono uno stato quantistico, anziché un altro, da cui si dipanano reazioni a catena di collassi d’onda. Ma queste teorie sembrano ignorare che quegli atti umani dipendano dalla realtà stessa perché dipendono dalle complessioni di stati quantistici che definiscono la realtà.

L’idea di Everett si può comprendere ipotizzando che un osservatore (*J*) preveda di misurare un sistema *entangled* (S^\pm): rilevare S^+ , da una parte, implica contemporaneamente l’esistenza di S^- , dall’altra parte. Allora *J* si troverebbe in un sistema privo di collasso, ma ancora *entangled*, proprio perché *J* stesso avrebbe partecipato all’osservazione, legando se stesso al fenomeno osservato (S^+) e al suo stato duale (S^-), già previsto nella teoria dell’osservatore stesso (J^\pm):

$$[5.1] \quad C = J^\pm \times S^\pm$$

L’osservatore (*J*) è *entangled* col sistema che ha osservato (*S*): ne risulta una composizione (\times) complessa (*C*) degli stati quantistici (\pm) di chi osserva (*J*) e della cosa osservata (*S*) perché, anche dopo l’osservazione, entrambi gli stati (S^+ e S^-) risultano sovrapposti, a fronte della previsione formulata dall’osservatore (J^\pm).

		S	
		+	-
J	+	J ⁺ S ⁺	J ⁺ S ⁻
	-	J ⁻ S ⁺	J ⁻ S ⁻

Tab. 5.1. *Il sistema complesso osservatore/osservato.*

Il *sistema complesso* universale (l’eq. 5.1) è una composizione (\times) del sistema osservato (S^\pm) con quello osservante (J^\pm) che si può riassumere nella matrice della tab. 5.1 (una riscrittura della tab. 1.1). Il modello teorico dell’osservatore (J^\pm) prevede di rilevare uno di due stati possibili (\pm), come anche l’osservazione sperimentale (S^\pm) consente di rilevare uno di due stati possibili (\pm): possono risaltarne quattro combinazioni (le quattro celle della tab. 5.1), tutte ugualmente valide per rappresentare il sistema complesso in sé e le sue potenzialità. Il sistema complesso (*C*) descrive due stati sovrapposti dell’osservatore (J^\pm)

per ciascuno dei due stati sovrapposti dell'oggetto osservato (S^\pm): descrive la coesistenza di istanze diverse (+ e -) dell'osservatore medesimo, ciascuna delle quali fa percepire diversamente la realtà all'osservatore, come ha spiegato Penrose (1994/2005: 311-312). Ma il sistema complesso significa pure che la materia interagisce costantemente con se stessa perché l'osservatore (sia J un individuo che percepisce un fenomeno o un apparato artificiale che rileva un segnale) è costituito da particelle che interagiscono con le altre particelle costituenti l'oggetto osservato (S); e, del resto, un altro osservatore (I) considera l'osservatore J come un qualsiasi oggetto (S) da misurare.

Per la teoria del sistema complesso, ogni individuo sarebbe implicato nel campo quantistico; perciò ogni individuo – contemporaneamente (e relativisticamente) osservato e osservatore – sarebbe *entangled* in più stati. Insomma, le suggestioni romanzesche di Lovecraft e di Dick sarebbero state “scientificizzate” con l'interpretazione dei ‘tanti mondi’ paralleli (in ingl., *many worlds*), il multiverso che:

*has an important contribution to make to the philosophy of science. By showing that formalism alone is sufficient to generate interpretation, it has breathed new life into the old idea of a direct correspondence between formalism and reality. The reality implied here is admittedly bizarre*³ (DeWitt 1970: 35).

Le speculazioni di questo genere confondono facilmente la scienza con la fantasia⁴: per es., immaginando che la mente umana contenga in sé tutto lo scibile universale, che deve solo essere estratto o svelato. Del resto, la mente può immaginare solo ciò che esiste: anche il pensiero più assurdo che possiamo elaborare si basa su esperienze di fenomeni reali, realmente esistenti o realmente esperibili (per es., se immagino un elefante viola che guida una motocicletta, combino i miei ricordi di un elefante con quelli del colore viola e con quelli di una motocicletta); e, d'altra parte, ogni ricordo è la costruzione mentale di una realtà inesistente (ora) perché non più esistente. Perciò è facile intuire che tutto ciò che pensiamo e ideiamo – ciò che inventiamo e creiamo – pre-esista in potenza, già involupato *a priori* nel *continuum*, e che la mente sia uno strumento in grado di leggere l'ologramma che produce la realtà percepita dai nostri sensi. E la luce sarebbe il *medium* che consente di estrarre le informazioni sensibili dall'ologramma complesso.

5.2. Descrivere la luce

Lovecraft/Whitehead (1931), Lovecraft (1933) e Lovecraft/Kuttner (1937) scrissero tre racconti che hanno preconizzato il sincretismo tra la teoria relativistica di Einstein e di Schwarzschild (già trattata al cap. 3) e quella olografica di Bekenstein, di Bohm e di Suskind (tratta nel seguito di questo capitolo).

Gli autori del primo racconto immaginavano uno specchio dotato di singolarità (in senso matematico): una crepa nel vetro dello specchio assorbe tutto ciò che entra in quello che si potrebbe definire il suo “orizzonte degli eventi” e assorbe o registra la realtà circostante, come farebbe un buco nero. Lovecraft e Whitehead immaginarono la possibilità che la lastra di uno specchio, appositamente trattata da uno scienziato, funzionasse come un buco nero e come una lastra olografica, capace di registrare e comprimere le informazioni di una parte del *continuum* in uno spazio ridotto. Il racconto preconizzava la tecnologia olografica, che Dennis Gabor avrebbe scoperto 16 anni più tardi, e riconduceva la teo-

3 Trad. mia dall'ingl.: “dà un contributo importante alla filosofia della scienza. Dimostrando che il solo formalismo è sufficiente a generare un'interpretazione, [la teoria di Everett] ha dato vita nuova alla vecchia idea di una corrispondenza diretta tra formalismo e realtà. La realtà implicata qui è palesemente bizzarra”.

4 Cfr. la critica di Caulfield (2002) alle teorie sull'olografia della mente.

ria macroscopica della relatività a quella microscopica della meccanica quantistica: cioè intuiva la possibilità di *trasformare* il piano di un complesso informativo (quello delle entità reali macroscopiche; il mondo presente che ospita lo specchio) nel piano di un altro complesso informativo (quello microscopico dell'astrazione codificata; il mondo passato che vive ricodificato nella lastra). Il racconto intuiva la possibilità che un buco nero assorbisse la materia – che sparirebbe oltre l'orizzonte degli eventi – ricodificandola in una complessità diversa, che però “significa” la stessa cosa (prima dell'assorbimento) ricodificata; proprio come l'algebra trasforma un'equazione in un'altra (cfr il cap. 1). Ma già Gustav Meyrink (1927/1992: 286), in una biografia romanzata, aveva scritto che “sulla superficie di questo carbone dormono, fissate, delle ‘immagini’”, che l'occultista inglese John Dee (1527-1608) avrebbe saputo estrarre da uno “specchio magico”.

Susskind (1995) – sviluppando le idee di Bekenstein (1973) e di 't Hooft (1993/2009) – ha sostenuto che i fenomeni che avvengono nello spazio tridimensionale di un buco nero si riflettono sulla sua superficie bidimensionale (l'orizzonte degli eventi) senza perdita di informazione: la superficie bidimensionale dell'orizzonte degli eventi codificherebbe informazioni che consentirebbero di inferirne altre, più complesse, relative al contenuto tridimensionale dell'intero buco nero; proprio come una pellicola olografica bidimensionale codifica le informazioni tridimensionali di un ologramma. Le informazioni modulate sulla superficie bidimensionale dell'orizzonte degli eventi individuerebbero una continuità con l'entropia interna al buco nero, proprio come una monade di Leibniz intratterrebbe una relazione di continuità con la complessità del noumeno di Kant. Così gli scrittori anticiparono la possibilità che la scienza (il protagonista del racconto era un professore) dovesse confrontarsi con questa complessità; soprattutto alla luce del fatto che lo specchio olografico descritto nel racconto proveniva proprio da Copenhagen; un'allusione all'interpretazione della meccanica quantistica che sembrerebbe fatta apposta, considerato che già nel 1930 Lovecraft era informato sul significato epistemologico della nuova fisica, come ha rilevato Joshi (1990: 55-56; 2010: XX).

Gli altri due racconti fantastici – molto simili tra loro – narrano di una strega capace di spostarsi nello spazio e nel tempo sfruttando i principi esoterici della geometria non-euclidea, basata sull'assunto che il campo geometrico non-euclideo – cioè uno spazio di Hilbert – raccolga tutte le informazioni spazio-temporali in un *continuum* indistinto, localizzabile a piacimento da chi sappia estrarne le informazioni: così gli scrittori suggerivano un'analogia tra la fisica moderna e l'esoterismo medievale (che lascia intendere come la tecnologia possa sembrare una forma di magia e viceversa)⁵; ma suggerivano pure che la realtà percepita comunemente potrebbe rappresentare uno stato (tra i tanti possibili) di un *continuum* più complesso e, soprattutto, compatto; un *continuum* in cui ogni informazione si estenderebbe nelle altre; un *continuum* da cui si potrebbero estrarre le informazioni a piacimento (cioè un *continuum* in cui si potrebbe sperimentare qualsiasi fenomeno), se si disponesse del sapere (esoterico) necessario. Del resto, Lovecraft (1919) già aveva suggerito che la mente in stato di veglia estrarrebbe dal *continuum* informazioni diverse da quelle che estrae durante lo stato di sonno: cioè che sogno e veglia sarebbero due realtà diverse e parallele, ma connesse alla mente che le estrae dallo stesso *continuum*; due manifestazioni arbitrarie del noumeno, che racchiude ogni possibilità attualizzabile. L'estruzione di uno stato, anziché di un altro, dipenderebbe dall'incidenza di un'“onda di luce” (Lovecraft/Hoffman 1932/1934/1993) che proietterebbe ai sensi e alla mente le rappresentazioni della realtà. La teoria è decisamente fantasiosa, ma è stata “recuperata” da alcuni ricercatori, come Stephen E. Robbins (1976) e Marcer/Schempp (2000).

L'attenzione che Lovecraft rivolse verso le tecnologie fotografiche – con la descrizione dello specchio dotato di singolarità (già detto) e del proiettore tridimensionale a raggi lu-

5 Gli antropologi culturali, come Mary Douglas (1970), hanno l'abitudine di pensare la tecnologia e la magia come due prospettive diverse da cui osservare la stessa realtà sociale.

minosi (Lovecraft 1933/1939) – ricorre anche nella sua mitopoiesi⁶, in cui introdusse un libro di stregoneria fittizio, che chiamò *Necronomicon* (titolo occidentale che suggerisce un grimorio per negromanti) o *Al Azif* (titolo arabo privo di alcun significato), redatto da un mago altrettanto immaginario, Abdul Alhazred, che però ricorda – almeno foneticamente – Abu Alhazen: un astronomo, matematico e filosofo realmente vissuto tra l’VIII e il IX sec., autore di un trattato di ottica (1021), anch’esso conosciuto in Europa con titolo arabo e latino, che anticipava rudimentalmente la teoria corpuscolare della luce. E proprio la luce ha determinato gli sviluppi della fisica moderna, tanto sul versante della meccanica quantistica – con gli esperimenti della fenditura doppia – quanto sul versante dell’elettromagnetismo (cfr. l’app. 4) e sul versante dell’olografia.

Gabor (1948) inventò l’*olografia* (dal gr. ὅλος, ‘tutto’, con γραφή, ‘scrittura’; perciò ‘scrittura completa’): un processo tecnico che recupera (indirettamente) l’idea di Leibniz (1686a) di suddividere in porzioni infinitesimali e scalari una funzione complessa, cosicché la parte singola più minima conservi le stesse caratteristiche peculiari dell’insieme generale. La tecnica fotografica inventata da Gabor ha dimostrato la possibilità concreta di ricostruire un’immagine complessa partendo da un suo elemento singolo: ogni porzione della lastra olografica (che, per es., sia tagliata in più frammenti) consente di ricostruire l’immagine completa originale. La proprietà omotetica⁷ degli oggetti frattali di Mandelbrot ricorre nell’olografia.

In the first stage, the recording, the interference pattern between a coherent electron beam (object wave) and a “coherent background” (reference wave) is recorded on a photographic plate. Gabor called this interference pattern “hologram”, from the Greek word “holos”, the “whole”, because it contained the whole information (amplitude and phase) of the object wave. In the second stage, the reconstruction, the hologram is illuminated with visible light and the original wavefront is reconstructed, so that the aberrations of the electron optics can be corrected by optical methods. Therefore, the physical principles of holography are based on the wave nature of light and they are interference (recording step) and diffraction (reconstruction step). He spent the rest of the year working on his ‘new microscopic principle’. To obtain contrast interference fringes it is necessary to use a light source of high coherence, which did not exist in times of Gabor (the laser was invented in 1960). Due to this, Gabor made his first hologram in 1948 using a light source that consisted of a mercury arc lamp with a narrow-band green filter, one of the best coherent light sources before the laser. The object was a tiny circular transparency (1.4 mm diameter) of opaque lettering on a clear background containing the names of Huygens, Young and Fresnel, three physicists who were considered important by Gabor because they developed the physical basis of his technique, which he called “wave-front reconstruction”⁸ (Beléndez 2015).

6 Robert M. Price (1990) e August Derleth (1997) hanno identificato parte dell’opera di Lovecraft come il *Ciclo di Cthulhu* (dal nome di una divinità blasfema citata nei racconti dell’autore).

7 L’*omotetia* è una trasformazione che dilata o contrae gli oggetti mantenendo invariate le proporzioni tra i loro singoli elementi costitutivi.

8 Trad. mia dall’ingl.: “Nella prima fase, la registrazione, lo schema d’interferenza tra un fascio coerente di elettroni (onda-oggetto) e uno ‘sfondo coerente’ (onda di riferimento) viene registrato su una lastra fotografica. Gabor chiamò questo schema d’interferenza ‘ologramma’, dalla parola greca ‘holos’, il ‘tutto’, perché conteneva l’informazione intera (ampiezza e fase) dell’onda-oggetto. Nella seconda fase, la ricostruzione, l’ologramma viene illuminato con luce visibile e il fronte d’onda originario viene ricostruito cosicché le anomalie elettro-ottiche possano essere corrette con metodi ottici. Quindi, i principi fisici dell’olografia si basano sulla natura ondulatoria della luce e sono interferenza (fase di registrazione) e diffrazione (fase ricostruttiva). Gabor trascorse il resto dell’anno lavorando al suo ‘nuovo principio microscopico’. Per ottenere frange di contrasto d’interferenza è necessario usare una fonte di luce ad alta coerenza, che non esisteva all’epoca di Gabor (il laser fu inventato nel 1960). Perciò Gabor compose il suo primo ologramma nel 1948 usando una fonte di luce che consisteva in una lampada ad arco al mercurio con un filtro verde a banda stretta, una delle migliori fonti di luce coerente precedenti al laser. L’oggetto era una piccola diapositiva circolare (1,4mm di diametro) con una scritta opaca su sfondo chiaro contenente i nomi di Huygens, Young e Fresnel, tre fisici che Gabor considerava importanti perché svilupparono le basi fisiche della sua tecnica, che egli chiamò ‘ricostruzione del fronte d’onda’”.

Il “fronte d’onda” ricostruito da Gabor è l’interferenza generata negli esperimenti della fenditura doppia, che probabilmente Lovecraft conosceva perché già aveva immaginato una tecnologia simile a quella inventata da Gabor: una sorta di torcia elettrica che emanava un “bombardamento radioattivo”, diretto verso un oggetto “simile a una scatola di cerini” da cui emergeva la rappresentazione di una realtà distante (Lovecraft 1933/1939).

La tecnologia inventata da Gabor implica la registrazione (su lastra olografica) di un complesso informativo come quello della tab. 5.1, che deriva dall’interferenza (l’interazione) di due onde luminose che trasportano informazioni sovrapposte: un complesso di informazioni eterogenee che coabitano indifferenziate, sovrapposte o confuse, in ogni punto della lastra. Ogni “quanto” informativo dell’ologramma consiste nel complesso olografico in sé, anziché in un bit digitale e discreto (differenziato dagli altri); ogni regione dell’ologramma registra l’immagine da una prospettiva diversa (Dudley 1973: 1; Caulfield 2002: 125). Ogni quanto informativo è olografico perché trasforma il *continuum* intero in una porzione singola, ma ne preserva il significato complessivo (l’immagine olografica); e il *continuum* trasforma ogni porzione singola nelle altre porzioni perché ciascuna di esse equivale alle altre, benché ciascuna occupi uno stato diverso sulla lastra olografica.

La funzione del sistema complesso della tab. 5.1 ($C = J^{\pm} \times S^{\pm}$) rievoca quella del sistema olografico di Gabor: $A \times A = (A_R + A_O) \times (A_R + A_O)$, secondo cui A_R rappresenta l’onda di riferimento e A_O rappresenta l’onda-oggetto, mentre la loro somma ($A = A_R + A_O$) rappresenta l’interferenza delle due onde; e la moltiplicazione (\times) rappresenta la propagazione dell’onda lungo una superficie, espressa come quadrato della lunghezza d’onda ($A \times A = A^2$). Entrambi i sistemi (quello complesso e quello olografico) compongono (\times) la complessità relativistica di due *insiemi* informativi, ciascuno dei quali si definisce in relazione all’altro. L’idea del noumeno kantiano – l’insieme informativo totale, compatto e indifferenziato – ricorre anche in questa analogia olografica.

Una tecnologia della luce come quella olografica implica un ripensamento della fisica da una prospettiva filosofica e magari antropologica, come si vedrà più avanti.

Durand (1963/2009: 447-448) ha spiegato che il mito funziona come un rimedio contro il tempo e contro la morte perché il mito ha il compito di *ripetere*, anziché raccontare, e di *confondere*, anziché distinguere. Così la fisica può sembrare un mito della modernità perché ripete idee e concetti isomorfi – dalla funzione di gravitazione, che ricorre nella legge di Coulomb e nella teoria di Einstein, all’omotetia dei frattali che ricorre nell’olografia di Gabor – e li confonde, innestando la costante gravitazionale di Newton nella gran parte dei modelli analitici, e riconducendo i vari criteri di equilibrio all’entropia. Ma soprattutto la fisica gioca i suoi processi di significazione intorno alla luce e alle tenebre: dal ruolo cardinale che ricopre la velocità della luce costante (c) agli oggetti come i buchi neri e alla materia oscura (duale di quella visibile) ipotizzata da Jacobus C. Kapteyn (1922). E, del resto, l’archetipologia di Durand, che partiziona l’immaginario collettivo rispetto ai regimi di luce e tenebre, convince proprio per la sua straordinaria attinenza col versante semiotico e con quello scientifico.

5.3. Sapere inconscio

Dalla parte al tutto e dal tutto alla parte: la logica olografica consente di esplorare questo percorso duale, interpretando ogni fenomeno tanto come la porzione particolare di uno schema più grande (dalla parte al tutto) quanto, alternativamente, come un insieme di componenti microscopiche coordinate mediante uno schema generale (dal tutto alla parte). L’ambivalenza consente di adattare uno stesso modello matematico a scale analitiche diverse – da quella microscopica a quella macroscopica e viceversa – conservando le caratteristiche primarie dello schema. Il pensiero magico segue esattamente la stessa logica:

*La partie vaut pour la chose entière. Les dents, la salive, la sueur, les ongles, les cheveux représentent intégralement la personne [...] l'essence d'une chose appartient à ses parties, aussi bien qu'à son tout [...] chaque objet comprend intégralement le principe essentiel de l'espèce dont il fait partie: toute flamme contient le feu, tout os de mort contient la mort, de même qu'un seul cheveu est capable de contenir le principe vital d'un homme*⁹
(Hubert/Mauss 1903: 65).

Quando gli antropologi spiegano che, per il pensiero magico, “un solo capello può contenere il principio vitale di un uomo” è difficile ignorare che il *DNA* e l’olonomia rappresentano due traguardi notevoli del pensiero scientifico; ed è altrettanto difficile ignorare che la logica del pensiero magico ricalca la logica simmetrica dell’inconscio, descritta da Matte Blanco (1975/2000). Ma l’idea di parti (apparentemente) diverse, compenstrate a vicenda in un *continuum* unico, risale alla filosofia greca classica (un mondo molto più vicino del nostro a quello primordiale, dominato dal pensiero magico), per cui “in ogni parte della realtà è presente l’intero universo” (Hadot 1981/2002/2005: 191); un’idea che tra il XIX e il XX sec. i poeti e gli intellettuali occidentali hanno ribadito fortemente, dando eco alla convinzione orientale (importata da Schopenhauer) secondo cui ogni fatto, anche il più umile, “racchiuda la storia universale e la sua infinita concatenazione di effetti e di cause” (Borges 1952/2000: 112). L’immagine poetica del fiore che racchiude l’universo intero è un esempio indicativo di come lo spiritualismo arcaico riecheggiasse in Occidente proprio mentre il linguaggio scientifico iniziava a monopolizzare i saperi.

*To see a world in a grain of sand
And a heaven in a wild flower,
Hold infinity in the palm of your hand,
And eternity in an hour*¹⁰
(William Blake 1863).

*Flower in the crannied wall,
I pluck you out of the crannies,
I hold you here, root and all, in my hand,
Little flower – but if I could understand
What you are, root and all, and all in all,
I should know what God and man is*¹¹
(Alfred Tennyson 1863).

Forse [Tennyson] volle dire che il mondo visibile è intero in ogni rappresentazione, così come la volontà, secondo Schopenhauer, è intera in ogni individuo. I cabalisti affermarono che l’uomo è un microcosmo, un simbolico specchio dell’universo (Borges 1952/2000: 112).

Lo spiritualismo – declinando poeticamente e filosoficamente in Occidente i saperi arcaici, soprattutto quelli orientali – ha anticipato i risultati più evoluti della matematica, come le geometrie frattali (dal lat., *fractus*, ‘spezzato’, ‘frazionato’) introdotte da Mandelbrot (1967; 1975) che rilevano la peculiarità geometrica di molti fenomeni naturali in cui il piccolo rappresenta una copia del grande: per es., gli strali delle foglie di felce replicano

9 Trad. mia dal francese: “La parte vale per la cosa intera. I denti, la saliva, il sudore, le unghie, i capelli rappresentano integralmente la persona [...] l’essenza di una cosa appartiene alle sue parti, così come al suo tutto [...] ogni oggetto comprende integralmente il principio essenziale della specie di cui fa parte: ogni fiamma contiene il fuoco, ogni osso di morto contiene la morte, come un solo capello è capace di contenere il principio vitale di un uomo”.

10 Trad. mia dall’ingl.: “Vedere un mondo in un granello di sabbia / e un paradiso in un fiore selvatico, / tenere l’infinito nel palmo della tua mano, / e l’eternità in un’ora”.

11 Trad. mia dall’ingl.: “Fiore nel muro screpolato, / ti colgo dalle crepe, / ti tengo qui, radice e tutto, nella mia mano / fiorellino – ma se potessi capire / cosa sei, radice e tutto, e tutto sommato, / saprei cos’è Dio e l’uomo”.

la struttura della foglia intera, i rami di abete replicano la struttura dell'albero, e le cuspidi dei broccoli romaneschi replicano la forma del broccolo stesso. La natura abbonda di strutture *autosimili*, che riproducono sempre la stessa figura su scale diverse; la parte vale per il tutto; il macrocosmo esprime una proprietà microcosmica e viceversa. Spostarsi nelle due direzioni della scala analitica (ingrandendo i dettagli o rimpicciolendo gli insiemi) rivela autosimilarità e omotetie continue, cosicché il grande e il piccolo (*yin* e *yang*) coincidono nella loro opposizione, rievocando l'immaginario del pensiero magico che, in fin dei conti, è il fondamento del pensiero inconscio.

L'olonomia regola la costituzione degli oggetti frattali perché i frattali derivano da trasformazioni di una forma o di un'informazione iniziale, reiterando una stessa serie di operazioni come, per es., ruotare e rimpicciolire l'oggetto oppure duplicarlo e traslarlo. E l'inconscio sembrerebbe operare proprio riunendo la percezione dei fenomeni più disparati mediante una logica simmetrica come quella frattale.

Matte Blanco (1975/2000: 297-301) ha spiegato come l'intelligenza – 'ciò che legge dentro' – possa differenziare asimmetricamente l'infinito indistinto simmetricamente, per estrarre dal *tutto* (il noumeno kantiano) le parti (i fenomeni) con cui ci relazioniamo, sviluppando l'esperienza o addirittura la storia, nei termini già proposti con la fig. 2.2. L'intelletto può analizzare un *continuum* indistinto come una serie di porzioni discontinue (fenomeni isolati astrattamente): così il *tàijítú* (☯) assume un significato inconscio perché "all'interno di ogni classe [...] regna la simmetria, mentre l'asimmetria regna ai confini della classe" (Matte Blanco 1975/2000: 313). L'analisi dello psicanalista cileno svela così anche il significato strutturale della ricerca antropologica condotta da Mary Douglas (1970), secondo cui l'essere umano tende a cercare la purezza, isolando insiemi di realtà (di mondo, di ambiente) tramite serie di operazioni – potenzialmente infinite – di definizione del *sacro* (dal lat. *sacer*, 'inviolabile'), per proteggersi dal *pericolo* della confusione, del disordine e del contagio (che così rivela un aspetto magico assieme ad uno razionale). E ciò accade proprio per come sarebbe strutturato il mondo inconscio. Ma "i modi di essere simmetrico ed asimmetrico sono in un intreccio costante e molto complesso e [...] nessuno di essi appare isolato" (Matte Blanco 1975/2000: 312): la luce estrema – e il regime della luce opera le distinzioni asimmetriche e analitiche, come già visto al cap. 2 – impedisce di vedere tanto quanto il buio pesto (*id.*: 318).

La complessità dell'inconscio (con i suoi *modi di essere*) consente di comprendere la complessità della realtà (*l'essere*) fino alla possibilità di conoscere perfettamente la natura, come tenta di fare la cultura occidentale sin dall'epoca dell'illuminismo:

*Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'Analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle et l'avenir, comme le passé serait présent à ses yeux*¹² (Laplace 1840: 3-4).

Ancora nel XX sec. la scienza ha coltivato il desiderio di definire un determinismo assoluto, cioè la possibilità di calcolare – razionalmente – ogni causa e ogni effetto consequenziale, anche costruendo macchine infallibili:

12 Trad. mia dal fr.: "Dunque dobbiamo considerare lo stato presente dell'universo come l'effetto del suo stato precedente e come la causa di quello successivo. Un'intelligenza che, in un certo momento, conoscesse tutte le forze che animano la natura, e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, se d'altronde quella [intelligenza] fosse abbastanza vasta per sottoporre quei dati all'Analisi, abbraccerebbe con la stessa formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e quelli dell'atomo più leggero: niente sarebbe incerto per quella [intelligenza] e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi".

*The system of the 'universe as a whole' is such that quite small errors in the initial conditions can have an overwhelming effect at a later time. The displacement of a single electron by a billionth of a centimetre at one moment might make the difference between a man being killed by an avalanche a year later, or escaping. It is an essential property of the mechanical systems which we have called 'discrete state machines' that this phenomenon does not occur*¹³ (Turing 1950: 440).

Ma gli psicanalisti e i mistici indicano che la conoscenza (della complessità totale noumenica) non passa per l'intelletto, per il calcolo e per la misurazione, ma passa per l'essere; così come lo studio intellettuale non equivale alla pratica meditativa, o come la teologia non equivale alla preghiera, o come l'analisi anatomica di un ballerino non consente di accedere alla danza. D'altro canto, lo sviluppo tecnologico – che l'Occidente ha perseguito per secoli – ha allontanato la scienza dai suoi fini teoretici: la *funzione* ha surclassato la *conoscenza*, col conseguente predominio delle *modalità intellettive* della funzione su quelle della conoscenza; plasmando una società (quella dell'Occidente globale) ampiamente criticata – da Bernanos (1972), Pasolini (1975: 1976), Baudrillard (1976; 1981), Bauman (2002; 2006), Arcangeli (2016) – per la sua anomia e per la sua incapacità introspettiva.

La funzione di ologonomia consente di comprendere come le strutture polari (pratica/teoria, simmetria/asimmetria, ecc.) siano interrelate e inscindibili, e come ciascuna rechi in sé qualche caratteristica propria dell'altra. Anzi, l'ologonomia consente di comprendere perché la ricerca scientifica si concentri sempre più sulla *struttura* del rapporto duale – sulla sovrapposizione e sulla capacità di sovrapposibilità degli opposti – anziché sulle caratteristiche dei poli stessi.

Mentre i fisici elaboravano l'interpretazione di Copenhagen della meccanica quantistica (sostenendo una distribuzione non-locale degli stati quantistici) e mentre Alfred N. Whitehead (1929) sviluppava una filosofia scientifica della dualità (basata sul processo relazionale della percezione di entità reali "atomiche", indifferenziabili, e delle loro astrazioni concettuali¹⁴), Karl Lashley (1929) verificava che la mente distribuisce le informazioni mnemoniche in tutto il tessuto cerebrale, anziché in regioni specifiche e locali. Così l'ologonomia entrava nell'immaginario della psicologia e della fisiologia, chiarendo il significato del concetto di 'campo completo' (in gr., *ὅλος-νομός*), come quello del tessuto cerebrale e delle informazioni codificate in esso. Dolev/Frenkel/Cohen (2012) e Berend/Dolev/Frenkel/Hanemann (2016) hanno confermato un'intuizione di Pribram (1971) che dipende proprio dallo studio di Lashley: ogni parte di una memoria (per es., ogni neurone o gruppo di neuroni) può contenere informazioni riguardanti l'interezza dei dati memorizzati, proprio come fa ogni porzione della pellicola di un ologramma. Kempkes *et al.* (2018) hanno rilevato come gli elettroni, se vengono costretti in strutture artificiali frattali, si dispongono in schemi che rieditano quelle stesse strutture frattali. Von Korff/Sander (2019), d'altra parte, hanno dimostrato che le molecole organiche esprimono proprietà frattali perché le molecole si possono suddividere in porzioni che replicano la struttura complessiva della molecola. Ma già Bohm, in una lettera a suo fratello, aveva chiarito che:

*each thing contains in itself, its own special image of the totality (cosmos) out of which it formed itself, and into which it is always dissolving (and re-forming)*¹⁵ (Bohm 09.09.1958 in Nichol 2003: 202).

13 Trad. mia dall'ingl.: "Il sistema dell'"universo come un tutto' è tale che errori piuttosto piccoli nelle condizioni iniziali possono avere un effetto travolgente in un secondo tempo. Lo spostamento di un singolo elettrone di un milionesimo di centimetro in un momento può fare la differenza tra la morte di un uomo travolto da una valanga un anno dopo e la sua salvezza. Il fatto che questo fenomeno non si verifichi è una proprietà essenziale dei sistemi meccanici che abbiamo chiamato 'macchine a stati discreti'".

14 La filosofia dualista di Whitehead (1929) sembra avere un debito – tanto grande quanto indicibile – verso lo strutturalismo di Saussure (1916), col suo dialogismo tra *langue* (fr., 'lingua', 'sistema di segni') e *parole* (fr., 'parola', 'atto linguistico') e tra significanza e significazione, che pure recupera le strutture duali tipiche dei saperi arcaici e dell'inconscio.

Le ricerche svolte in campi del sapere profondamente diversi hanno restituito risultati significativamente equivalenti; ancora più rilevanti, se si pensa che all'inizio del Novecento le discipline scientifiche comunicavano molto difficilmente tra loro, se addirittura non funzionavano "a compartimenti stagni", spesso anche internamente: la raccolta di Barone/Dirac (2019) rivela addirittura che Dirac apprese la teoria della relatività ristretta molti anni dopo la sua pubblicazione per le difficoltà oggettive con cui i ricercatori britannici potevano accedere alle pubblicazioni tedesche.

Bauer/Just (2015: 3214) hanno confermato di recente come la letteratura scientifica abbia rilevato una distribuzione delle informazioni diffusa in aree cerebrali diverse, responsabili di competenze fisiologiche e cognitive diverse, ma coordinate rispetto alla costruzione dei significati. La constatazione è importante perché conferma il principio di non-località delle informazioni – distribuite diffusamente in tutta la struttura cerebrale, ma anche in tutta la struttura della materia – e perché definisce la conoscenza da un punto di vista fisiologico come una coniugazione complessa di informazioni e schemi neurali: una definizione coerente con la teoria del sistema complesso descritto con la tab. 5.1. Tononi/Sporns/Edelman (1994) avevano addirittura elaborato un modello di misurazione della complessità cerebrale, che dipende anche dalla complessità dell'ambiente: la struttura della mente si organizzerebbe rispecchiando la complessità dell'ambiente circostante, creando reti di interconnessioni neurali che costituiscono un sistema complessivamente più integrato di quanto non lo siano le sue singole parti (un'osservazione che rievoca la monadologia di Leibniz, già tratta al cap. 2.1).

Pribram (1971; 1977) è stato il primo a sostenere una struttura *olonomica* del cervello, distinta da una distribuzione olografica dei dati: l'organizzazione implicita delle informazioni sarebbe olografica perché la mente può recuperare un'informazione da qualsiasi parte della struttura cerebrale (anziché da un'area specifica); mentre la *struttura* della mente sarebbe olonomica perché può trasformare le informazioni senza alterarle. Il sistema può modificare costantemente la codifica delle informazioni, adattandola alle risorse disponibili di volta in volta nel sistema stesso e nell'ambiente circostante; adattando la codifica allo stato complesso del sistema mente-materia: una definizione ancora una volta coerente con quella del sistema quantistico complesso di cui all'eq. 5.1. I neurolinguisti, come Bodenhamer/Hall (1999: 3-16), lo spiegano più comprensibilmente quando dimostrano che si può esprimere un concetto medesimo usando verbalizzazioni completamente diverse in termini di codifica sensoriale, ma intrinsecamente equivalenti in termini sintattici: per es., l'espressione visiva "*La vedo brutta*" equivale all'espressione uditiva "*Mi suona male*" e all'espressione cinestesica "*Non mi piace*".

Marcer (1992) ha esteso l'interpretazione quantistica del microcosmo alla meccanica dei fenomeni macroscopici, suggerendo che tutte le nostre percezioni sensoriali facciano collassare l'infinito mare di possibilità in una sola attualizzazione, quella di cui facciamo esperienza, che cancella tutte le altre possibilità sovrapposte nel campo:

*the presented evidence (and that of our senses) is already sufficient to hypothesize that we live in an entirely quantum mechanical world/universe, and not a classical one where quantum phenomena are confined to the microscopic scale*¹⁶ (Marcer/Schempp 2000: 434).

La fisica di Marcer rievoca la psicoanalisi di Matte Blanco, secondo cui l'inconscio stesso – la modalità dell'essere di ogni persona – consisterebbe di insiemi infiniti o classi

15 Trad. mia dall'ingl.: "ogni cosa contiene in se stessa la propria immagine speciale della totalità (cosmo) da cui è stata formata e in cui si dissolve (e si ri-forma) continuamente".

16 Trad. mia dall'ingl.: "la dimostrazione fornita (e quella dei nostri sensi) è già sufficiente per ipotizzare che viviamo in un mondo/universo completamente quanto-meccanico, e non uno classico in cui i fenomeni quantistici sono confinati alla scala microscopica".

simmetriche, attualizzate ad ogni istante dal pensiero cosciente (asimmetrico), che estrae continuamente frammenti di senso da quel noumeno strutturale che ci portiamo dentro.

E la psicologia rivela un'olografia della struttura (sociale) che, in sostanza, è un'olografia del sapere anche per altro verso: gli individui somigliano – non solo fisiognomicamente – ai propri genitori e agli avi, e la famiglia attualizza addirittura la trasmissione multigenerazionale dei comportamenti, dei valori, delle preferenze e dei traumi, come spiega Maurizio Andolfi (2015: 33-50).

Il sincretismo tra la filosofia classica e la meccanica quantistica riecheggia addirittura nella neurofisiologia moderna quando si tenta di svelare il significato di un comportamento volontario:

In the classical philosophical sense 'voluntary' movements are those initiated by, or at least accompanied by, an act of the will. Neurologically, one difference between voluntary and involuntary movements is that the former are accompanied by a corollary discharge from the motor systems which enables the sensory systems to 'predict' the outcome of the movement and thus stabilize the world¹⁷ (O'Keefe/Nadel 1978: 177).

L'osservazione dei neurofisiologi consente di trarre due considerazioni. La prima: la descrizione appena citata delle funzioni neurali rievoca la legge d'indeterminazione di Heisenberg (1927) e il paradosso di Schrödinger (1935), secondo cui tutte le potenzialità degli stati della materia (tutte le azioni che il corpo può compiere) sono possibili finché l'onda di possibilità non collassa in un caso singolo (finché il sistema nervoso non attiva un percorso e la scarica consequenziale non attiva i sistemi sensori). Allora la meccanica quantistica si lega alla fisiologia in un senso frattale: la fisiologia dipende dalla meccanica quantistica (che regola ogni stato della materia), ma al tempo stesso ne esprime la struttura interna, benché la fisiologia rappresenti una forma derivativa della struttura primaria (troviamo la struttura del tutto nella sua parte singola e viceversa). La seconda considerazione: la volontà consiste in una forma di autopercezione o di autocoscienza (quella che rende la materia consapevole di sé per mezzo della consapevolezza di un soggetto); la volontà non implica la capacità di alterare uno stato della materia (la posizione del corpo o il movimento di un arto). La volontà non controlla le particelle, ma è vero il contrario: la capacità di percepire e di rievocare quelle alterazioni della materia dà luogo a una "rappresentazione" (la "predizione" circa un'alterazione possibile) che chiamiamo *volontà*. Perciò si può riconoscere che Schopenhauer – trattando proprio di *volontà e rappresentazione* – avrebbe avuto motivi validissimi per recuperare le tradizioni buddhiste, secondo cui la volontà e la soggettività sono "forme illusorie" o "veli di Māyā": non esistono.

D'altro canto, Bohm (1980) ha ipotizzato che le "strutture superficiali" della realtà fenomenica corrispondano a una "struttura profonda", per dirla con la linguistica di Chomsky (1957; 1965). La struttura profonda della realtà (il noumeno) sarebbe organizzata come un ologramma in cui la struttura generale raccoglie tutti gli elementi particolari e ogni elemento particolare (ogni fenomeno) contiene l'immagine complessiva. La relazione tra strutture superficiali e profonde rileva tanto nell'analisi quantistica della natura quanto nell'analisi del linguaggio, e perciò rileva per un profilo filosofico che riunisce i due campi del sapere:

we will be interested in a deep logic which is not entirely covered by a surface logic. One thus talks about theoretical or "potential" observables in contrast to the actual empirical (noisy) observables. Kant, also, had found it necessary to introduce the notion of "potential phenomena". We are thus lead to a form of platonic dualism consisting of an ideal world

17 Trad. mia dall'ingl.: "Nel senso filosofico classico i movimenti 'volontari' sono quelli innescati da, o almeno accompagnati da, un atto della volontà. Neurologicamente, una differenza tra movimenti volontari e involontari è che i primi sono accompagnati da una scarica consecutiva dai sistemi motori che consente ai sistemi sensori di 'predire' il risultato del movimento e perciò di stabilizzare il mondo".

*of theoretical observables in contrast to an empirical world of corrupted observables*¹⁸ (Edwards 1979: 13).

Bohm (1980) ha preso in considerazione quella dualità – col mondo ideale, da una parte, e il mondo empirico, dall'altra – quando introdusse nella teoria quantistica i termini *enfoldment* (ingl., 'ripiegamento') e *unfoldment* (ingl., 'dispiegamento'), che ricordano proprio il discorso svolto da Deleuze (1988/2004) su Leibniz, oltreché la filosofia di Kant, già discussi al cap. 2. Ma la teoria di Bohm sembra rievocare anche la teoria psicanalitica di Matte Blanco (1975/2000): lo psicanalista cileno riformulò la teoria freudiana in chiave dualista complessa, integrando i concetti classici di *conscio* e *inconscio* con quelli di *simmetria* e *asimmetria*. Sarebbe simmetrica la confusione delle categorie in quello che Durand (1963/2009) chiama "regime notturno"; mentre sarebbe asimmetrica la differenziazione delle categorie nel "regime diurno" di Durand. Le due categorie si riferiscono esplicitamente alle categorie kantiane del noumeno e del fenomeno: la modalità asimmetrica dell'essere sarebbe un *continuum* indifferenziato e infinito come il noumeno, mentre la modalità simmetrica differenzerebbe serie (infinite) di percezioni, emozioni e immagini (tracce psicosensoriali) necessarie per orientarsi nel mondo.

	Simmetria --	Asimmetria —
Conscio --	Fenomeni ==	Dispiegamento ==
Inconscio —	Ripiegamento ==	Noumeno ==

Tab. 5.2. Sintesi delle modalità psichiche duali elaborate da Matte Blanco (1975/2000).

L'analisi di Matte Blanco rielabora la struttura dualista arcaica (quella platonica occidentale e quella taoista orientale), come riassume la tab. 5.2, che integra le polarità psicanalitiche (simmetrico/asimmetrico e conscio/inconscio) con quelle taoiste (*yin/yang*): la teoria recupera la terminologia kantiana e introduce il termine psicoanalitico del *dispiegamento*: l'attività del pensiero asimmetrico e conscio che "legge nel" (dal lat. *intellēgēre*) *continuum* dell'essere simmetrico per portarlo alla luce della coscienza (Matte Blanco 1975/2000: 124). Alla funzione di dispiegamento si oppone naturalmente il processo di *ripiegamento*: la strutturazione logica – asimmetrica – dei fenomeni inconsci. Lo psicanalista cileno ha costruito così una *bi-logica*, cioè una logica duale o polare che riedita e riformula i dualismi arcaici.

La teoria quantistica di Bohm sembra allinearsi perfettamente con quella di Matte Blanco, non solo perché tratta le funzioni di ripiegamento e dispiegamento come manipolazioni (inviluppi e sviluppi) dell'informazione, ma soprattutto perché il fisico statunitense elaborò un modello quantistico "psicoanalitico" con cui descrivere la coscienza e l'*Ego*, come ricorda Lee Nichol (2003: 199-260) nella sua raccolta epistolare:

if I try to study my own ego, there appears the "me" with all its qualities, and an "I" that seems to be observing them. Yet we know logically that an "I" and "me" must be one entity. [...] I suggest that consciousness is a distorting mirror, which is able, in effect, to give two

18 Trad. mia dall'ingl.: "saremo interessati in una logica profonda che non rientra interamente in una logica superficiale. Perciò si parla di [grandezze] osservabili teoriche o 'potenziali' rispetto alle reali osservabili empiriche (rumorose). Anche Kant trovò necessario introdurre a nozione di 'fenomeni potenziali'. Perciò siamo portati verso una forma di dualismo platonico che consiste in un mondo ideale di osservabili teoriche rispetto a un mondo empirico di osservabili danneggiate".

*apparently different but related and interacting reflections of one process. In reality there is neither "I" nor "me," but the individual in his totality (individual = undivided). On the other hand, the ego process with the "I-me" division could be called the "dividual."*¹⁹ (Bohm 25.09.1962 in Nichol 2003: 203).

L'analisi quantistica della psiche implica un processo di dispiegamento, che Bohm (03.12.1962 in Nichol 2003: 214) ha descritto proprio nei termini freudiani riformulati da Matte Blanco: un dispiegamento (del *continuum* implicito) avviene quando i processi asimmetrici (differenziati o digitali) della coscienza riconoscono l'attività dei meccanismi simmetrici (indifferenziati o analogici) dell'inconscio. I ricercatori, gli scienziati e i filosofi ormai dovrebbero procedere lungo percorsi ascetici o mistici o, almeno, meditativi, secondo Bohm (09.09.1958 in Nichol 2003: 202), che evita di usare questi tre termini, ma che li implica nella sua teoria quando scrive di "doversi orientare nel caos" o di "riconoscere la 'realtà reale'" o, ancora, di "cambiare la propria relazione con la totalità"; soprattutto, quando dice di poter usare le parole (segni o fenomeni linguistici) solo per restituire una descrizione meramente intuitiva della complessità reale (il noumeno sottostante ai fenomeni), nell'auspicio di abbandonare l'uso della parola dopo aver compreso l'ordine implicito della realtà (un concetto fortemente buddhista): perché nelle parole e nei segni (nelle forme della natura, nei colori, negli odori, ecc.) si ripiegherebbe (sarebbe implicata o impiegata) una *struttura* che accomuna tutto l'ordine delle cose. Proprio quella struttura a cui Penrose (2005) fa continuamente riferimento nella sua filosofia quantistica, e che Dirac (in Barone/Dirac 2019: 80-84) ha considerato un rapporto ($1/_{137}$, derivato con l'eq. 10.7 dell'app. 3) determinante per la comprensione della materia.

Il percorso epistemologico dei saperi occidentali converge da oltre cento anni verso un sincretismo che integra le mete tecnicistiche della scienza con la ricerca di una consapevolezza spirituale e psicologica: innanzitutto Sigmund Freud (1900), Carl G. Jung (1902) e Wilhelm Reich (1925) fondarono la psicoanalisi impiegando alcuni concetti precisi della scienza fisica, come *energia*, *carica*, *tensione*, *traslazione*, ecc., ma senza fare riferimenti espliciti a Maxwell, a Coulomb o ad altri scienziati che usavano proprio quei termini per spiegare i fenomeni naturali; come anche Bohm non ha mai citato Matte Blanco, che a sua volta non ha mai citato Bohm, benché entrambi abbiano strutturato la propria ricerca sul modello epistemologico fondato da Leibniz e da Kant, e ne abbiano ridotto la complessità, riconducendola alla dialettica polare degli opposti duali arcaici o delle categorie fondamentali. E la stessa cosa sembrano aver fatto tanti altri ricercatori a cavallo tra il XX e il XXI sec., come Bohm/Hiley/Kaloyerou (1987), Wheeler (1989) e Susskind/Lindesay (2005), secondo cui la realtà deriverebbe dall'*informazione*, e la materia sarebbe solo un fenomeno incidentale: ogni oggetto del mondo fisico deriverebbe da una "fonte immateriale" e ciò che chiamiamo *realtà* risulterebbe dall'interazione di polarità binarie, da una relazione dinamica di sì e no, di 1 e 0.

Gli sforzi intellettuali della scienza sembrano gravitare attorno a quello strano attrattore che è il dualismo delle filosofie arcaiche, già discusso al cap. 2. Quegli sforzi intellettuali sembrano proprio attratti – o spinti – verso un'integrazione della teoria matematica dell'informazione con la teoria gravitazionale della materia, come dimostra un'ipotesi suggestiva sviluppata intorno all'inizio del terzo millennio.

19 Trad. mia dall'ingl.: "se provo a studiare il mio ego, mi appare il 'me' con tutte le sue qualità e un 'Io' che sembra osservarli [entrambi]. Ma sappiamo logicamente che un 'Io' e il 'me' devono essere una [stessa] entità. [...] Suggestisco che la coscienza sia uno specchio che distorce, capace in effetti di rendere apparentemente due riflessi di un processo, diversi ma collegati. In realtà non ci sono né 'Io' né 'me', ma l'individuo nella sua totalità (individuo = indiviso). D'altra parte, il processo ego[tico] con la divisione 'Io-me' potrebbe essere chiamato 'dividuo'".

5.4. In un verso o nell'altro

La superficie di un buco nero ($A_B = 4\pi r_s^2$) è l'area del suo orizzonte degli eventi (descritto dall'eq. 3.50); cioè l'area di una sfera calcolata in funzione del raggio di Schwarzschild (r_s)²⁰. Bekenstein (1973; 2007) ha spiegato che la superficie del buco nero (l'orizzonte degli eventi) si può quantizzare, frammentando l'area (A_B) in sottomultipli minimi: frammentandola in aree quantistiche che, secondo il postulato di Planck, sono proporzionali alla lunghezza di Planck (ℓ_P). Così l'area dell'orizzonte degli eventi (A_B) si misura usando l'estensione minima possibile di uno spazio bidimensionale (ℓ_P):

$$[5.2] \quad \frac{A_B}{\ell_P} = S_B$$

L'eq. 5.2 interpreta l'area dell'orizzonte degli eventi (A_B) come un insieme (S_B) di informazioni minimali (ℓ_P)²¹: la quantizzazione consente di pensare la superficie del buco nero come un insieme di elementi omogenei e infinitesimi, cioè di *bit* (dall'ingl., *binary digit*, 'cifra binaria'), che rappresentano l'orizzonte degli eventi come un flusso di informazioni elementari (0 o 1).

Il buco nero (B) deriva da una massa (M) collassata al di sotto del raggio di Schwarzschild. Perciò l'area del corpo originario (A_M) prima del collasso era maggiore di quella del buco nero ($A_M > A_B$). Ne conseguirebbe che l'entropia della massa (prima del collasso) dovrebbe essere maggiore dell'entropia del buco nero (dopo il collasso):

$$[5.3] \quad \frac{A_M}{\ell_P} > \frac{A_B}{\ell_P}$$

Ma l'entropia non può diminuire, come già spiegato al cap. 3. Perciò l'eq. 5.3 significa che la transizione dallo stato del corpo originario (A_M) a quello del buco nero (A_B) implica una perdita di dati, necessaria per mantenere il rapporto tra massa ed entropia superiore al rapporto tra buco nero ed entropia: la transizione dalla massa al buco nero rilascia una radiazione di antiparticelle (Hawking 1974; 1975), che però sfugge alla nostra osservazione a causa dell'effetto gravitazionale esercitato dall'orizzonte degli eventi, che riassorbe quelle particelle stesse; aumentando la quantità di *bit* che "scorrono" lungo la superficie dell'area.

La *teoria dell'informazione* di Claude Shannon (1948) consente di calcolare l'entropia del buco nero relativa all'assorbimento delle particelle sulla superficie dell'orizzonte degli eventi: ogni particella elementare è un bit d'informazione che accresce tanto la superficie del buco nero (A_B) quanto la sua entropia (S_B), man mano che il buco nero assorbe informazioni (particelle elementari) dallo spazio circostante. Ciò significa che l'entropia del buco nero aumenta nel tempo, come aumenta anche la sua area, assorbendo la materia circostante; e questo corrisponde a un aumento della temperatura del buco nero, con emissione di radiazione (Hawking 1974; 1975); e la temperatura elevata implica l'emissione di luce, che però rimane intrappolata entro l'orizzonte degli eventi secondo l'eq. 3.49.

Il buco nero si comporterebbe come una monade leibniziana, che non può dialogare con ciò che la circonda (il buco nero non può trasmettere informazioni verso l'esterno), ma che assorbe le informazioni e le ri-flette al suo interno, rieditando una porzione

20 Il raggio della sfera (r) si può sostituire col membro destro dell'eq. 3.50, per calcolare l'area del buco nero: $A_B = 4\pi \left(\frac{2GM}{c^2} \right)^2 = \frac{16\pi G^2 M^2}{c^4}$.

21 La frazione al membro sinistro dell'eq. 5.2 svolge la stessa funzione della frazione che definisce una certa quantità di metri (m) in termini di centimetri (cm); per es.: $^{15m}/_{0,01m} = 1500\text{cm}$, considerato che 1cm equivale a $^{1m}/_{100} = 0,01\text{m}$ (la centesima parte del metro).

dell'universo esterno (rispetto al buco nero) nell'universo interno (al buco nero). L'olonomia qui significa proprio il fenomeno per cui le informazioni, trasformate nella transizione oltre l'orizzonte degli eventi, conservano una realtà duale: quelle all'interno del buco nero (dopo la transizione) riflettono quelle al di fuori (prima della transizione), alterando la forma, ma non il contenuto.

La teoria di Bekenstein e di Hawking induce a pensare a un'onda di luce – come quella immaginata da Lovecraft/Hoffman (1932/1934/1993) – che estrude un ologramma dopo essere stata emessa da una temperatura elevatissima, generata dalla superficie di registrazione dell'ologramma stesso (A_B). La temperatura risulterebbe dall'attrito dei *bit* (l'informazione quantizzata con ℓ_P); e l'attrito dipenderebbe dalla compressione (crescente) della massa, che crescerebbe in funzione dell'assorbimento continuo delle informazioni che il buco nero “intrappola” dall'esterno. Se ogni *bit* dell'ologramma – codificato lungo la superficie del buco nero, secondo Susskind (1995) e Susskind/Lindesay (2005) – contiene tutte le informazioni di tutto l'ologramma, ogni *bit* equivale agli altri; e la loro posizione sulla superficie è indifferente perché ogni porzione dell'ologramma restituisce l'“immagine” complessiva; perciò ogni quanto olografico si muoverebbe liberamente lungo la superficie del buco nero; e quel movimento produrrebbe attrito, che sprigiona calore. La temperatura elevata emette luce, proprio come le reazioni chimiche delle stelle generano calore e perciò emettono luce; ma la luce intrappolata e quella generata lungo l'orizzonte degli eventi estruderebbero l'immagine olografica dalla superficie del buco nero, proiettandola verso il suo interno perché l'orizzonte degli eventi impedisce ai fotoni di fuggire verso l'esterno. La stessa cosa dovrebbe accadere ai corpi catturati dalla gravità del buco nero, che accelera quei corpi fino alla velocità della luce mentre si avvicinano alla superficie dell'orizzonte (A_B), incrementando al massimo (c) l'attrito delle loro molecole e, così, alzando la temperatura dei corpi fino a farli “vaporizzare”, trasformandoli in luce (altri *bit* quantizzati) che “cade” sulla superficie del buco nero (A_B), non potendo irradiarsi nella direzione opposta, secondo l'eq. 3.49.

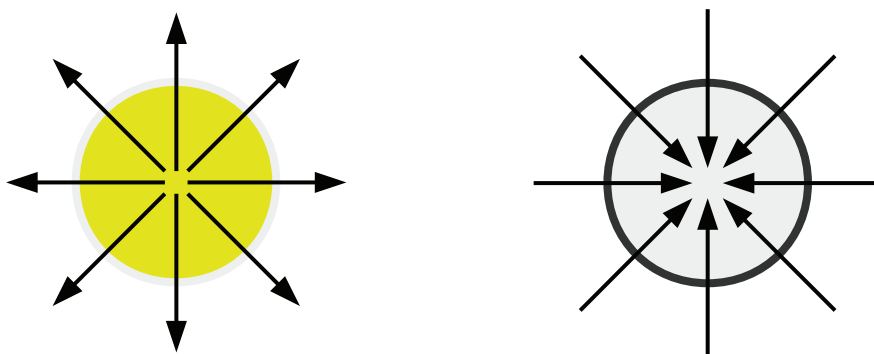


Fig. 5.1. Proiezioni luminose di una stella (sx) e di un buco nero (dx).

L'es. destro della fig. 5.1 schematizza un modello di proiezione della luce dalla superficie del buco nero verso il suo interno: un'idea che ribalta quella canonica delle fonti luminose, che irradiano la luce verso l'esterno, come si vede invece nell'es. sinistro della stessa figura. Il buco nero si comporterebbe come una monade che riflette al suo interno l'universo circostante: la monade si differenzia dal *continuum* al di fuori della propria superficie (A_B nell'eq. 5.2) perché la monade è un sotto-insieme del *continuum*; ma la monade riedita il *continuum* all'interno di se stessa, secondo una struttura frattale che replica il grande nel piccolo; oppure, nei termini di Matte Blanco (1975/2000: 313), il buco nero circoscrive una simmetria unitaria, contrapponendola all'asimmetria esterna.

La singolarità – la massa compressa entro il raggio di Schwarzschild – collocata al centro del buco nero sarebbe circondata da uno spazio sferico, con l'orizzonte degli eventi

come superficie. Questo modello inverte l'idea canonica di uno spazio vuoto caratterizzato dal buio, sostituendola con l'idea di una luce – assorbita dal buco nero – che satura tutto lo spazio compreso tra l'orizzonte degli eventi e la singolarità: uno spazio denso di luce, all'interno del quale è la presenza dei corpi, con le loro proiezioni reciproche, a generare le ombre, cioè il buio. Non sarebbe il buio ad essere dileguato dalla luce, ma sarebbe l'interazione della luce con i corpi a produrre il buio, che si dileguerebbe quando i corpi, spostandosi, lasciano spazio alla luce. Così il noumeno kantiano – il complesso informativo compatto – coinciderebbe con la luce bianca, che Newton (1672) scoprì essere la composizione di tutte le onde luminose colorate, cioè la composizione di lunghezze d'onda diverse, i fenomeni estratti dal celebre esperimento del prisma.

La luce è una radiazione emessa dal decadimento spontaneo delle particelle, che annihilandosi – interagendo con altre particelle, come nelle reazioni chimiche all'interno di una stella o nell'attrito generato lungo l'orizzonte degli eventi – producono particelle nuove, tra cui i fotoni (cfr. il cap. 4.7). La radiazione luminosa viaggia alla velocità più estrema conosciuta (c ; cfr. l'app. 4) e interagisce con la massa delle particelle che compongono i corpi presenti nello spazio (dai meteoriti alle molecole dell'atmosfera terrestre, agli elementi naturali e agli esseri viventi): queste interazioni – questi urti violenti che avvengono alla velocità della luce – fanno decadere le particelle in nuove radiazioni, con lunghezze d'onda diverse, percepite come forme e colori dal nostro apparato visivo, che è un rilevatore di particelle estremamente complesso, capace di intercettare e decodificare una porzione del campo quantistico.

Ma la diade rappresentata dalla fig. 5.1 – che contrappone un modello centrifugo a uno centripeto – significa anche l'ambivalenza delle modalità mentali di analisi microscopica e di osservazione macroscopica (in ingl., *chunking up*, 'fare a pezzi verso l'alto', 'generalizzare', e *chunking down*, 'fare a pezzi verso il basso', 'specificare'), descritte da Hall/Bodenhamer (1997: 56-60): spostare l'attenzione dal centro alla periferia o dalla periferia al centro significa spostare la luce – il *focus* (lat., 'fiamma'; ingl., 'concentrazione') – laddove serve concentrare l'attenzione per capire qualcosa; le attività di studio sono riconducibili alla metafora delle tecnologie ottiche con cui si usa uno zoom per esaltare i dettagli o per abbracciare le panoramiche. La tesi archetipologica di Durand (1963/2009) svela come l'immaginario collettivo collochi il pensiero e il sapere nel dominio della luce (in alto) e delle tenebre (in basso), della visione (in alto) e delle percezioni viscerali (in basso). La solita dicotomia *yin/yang* si riunisce nel paradosso del sapere, che tenta di scrutare nel buio (dei buchi neri), ma che può farlo solo sfruttando la luce (facendola interagire con le particelle), e che persegue la completezza di spiegazioni complesse, ma che trova solo risposte parziali e spesso incongruenti tra loro.

Le teorie dei quanti, quelle dell'informazione e quelle psicoanalitiche riconducono il pensiero verso il paradosso illuminista (già discusso al cap. 2) che implica la congiunzione degli opposti, la relazione delle due polarità già individuate dalle filosofie arcaiche: la totalità sovrapposta al nulla e il simmetrico sovrapposto all'asimmetrico. La geometria di Mandelbrot (1975; 1980) definisce matematicamente quel paradosso e perciò ne fornisce una spiegazione, consentendo di intersecare le varie teorie, e introducendo i concetti di *frattale* e di *matrice*.

Un frattale è un oggetto rappresentabile in due o più dimensioni – quindi è un oggetto che i sensi possono cogliere –, ma le cui dimensioni non possono essere misurate interamente o definitivamente perché le sue dimensioni variano in funzione delle trasformazioni a cui è sottoposto l'oggetto, considerato che le trasformazioni stesse dell'oggetto parziale generano l'oggetto complessivo. Un frattale ammette un'espansione totale della grandezza: dalle dimensioni minime a quelle massime e viceversa; e addirittura da dimensioni nulle a dimensioni infinite e viceversa. I due estremi (0 e ∞) possono coesistere in un insieme frattale.

Richardson (1961) dimostrò che ogni cosa gode di questa proprietà d'infinita lunghezza: per es., il perimetro della costa britannica – un oggetto concreto e accessibile ai sensi – misura una lunghezza variabile, a seconda della scala usata come unità di misura, perché giustapprendendo segmenti di 10Km (una scala grossolana) lungo la costa si ottiene una misurazione più corta rispetto a quella che si otterrebbe giustapprendendo segmenti di 10cm (una scala più definita, che coglie variazioni più minuziose del territorio); e giustapprendendo segmenti microscopici (come la lunghezza di Planck, discussa all'app. 2, che tende allo zero) si potrebbe tendere a ottenere dimensioni infinite, per il principio già commentato con l'eq. 2.3. La natura fornisce molti esempi evidenti di questa proprietà degli oggetti, come nel caso del broccolo romanesco, che può sembrare una piramide, se osservato da lontano, ma che dimostra di essere costituito da tante piramidi più piccole, se osservato da più vicino; e ognuna di quelle piramidi si rivela costituita da altrettante cuspidi piramidali, se si osserva l'oggetto ancora più ravvicinatamente. Negli oggetti frattali, il numero delle forme omotetiche (come le piramidi, nel caso del broccolo romanesco) aumenta all'aumentare della definizione analitica scelta dall'osservatore.

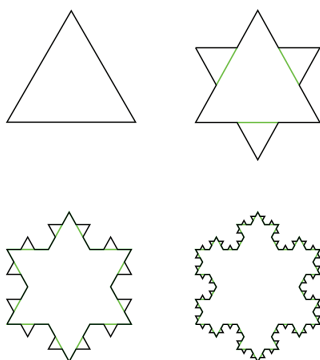


Fig. 5.2. Il fiocco di neve di Koch (1904).

Gli oggetti frattali ideali si ottengono iterando operazioni geometriche che espandono le dimensioni dell'oggetto potenzialmente all'infinito, come accade nel caso del “fiocco di neve” teorizzato da N.F. Helge von Koch (1904), di cui la fig. 5.2 rappresenta le prime 4 iterazioni: da un triangolo (prima operazione) si deriva una cuspidi triangolare su ciascun lato (seconda operazione), poi di nuovo per ciascuno dei sei triangoli (terza operazione) e così via. La polvere di Cantor, già discussa con la fig. 1.3, è un altro oggetto frattale che estrae dimensioni infinite da segmenti finiti.

L'iterazione delle operazioni geometriche che generano un frattale si riassume matematicamente con la formula: $z_{n+1} = f(z_n)$, che significa (al membro destro) la funzione di manipolazione (f) di un oggetto (z) in un certo stato (n), per ottenere (al membro sinistro) uno stato nuovo ($n+1$) di quell'oggetto (z); quindi si può manipolare lo stato nuovo ($n+1$) dell'oggetto (z) secondo la stessa funzione (f) per ottenere uno stato ulteriore ($n+2$) e così via.

$$[5.4] \quad \Delta \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Una matrice (l'elemento $[a \ b \ c \ d]$ scritto subito dopo il segno = nell'eq. 5.4) riassume le informazioni che indicano come alterare (Δ) le coordinate spazio-temporali (solo x e y nell'eq. 5.4) di un oggetto: una matrice fornisce le istruzioni da eseguire per manipolare

l'oggetto stesso, riflettendolo, contraendolo, espandendolo e traslandolo rispetto agli assi cartesiani di riferimento. L'eq. 5.4 rappresenta un oggetto bidimensionale di cui si trasformano (Δ) le due coordinate (x, y) secondo i valori (a, b, c, d) prescritti dalla matrice: la coordinata dell'asse x si modifica del valore a lungo l'asse x e del valore b lungo l'asse y , mentre la coordinata dell'asse y si modifica del valore c lungo l'asse x e del valore d lungo l'asse y . Le matrici degli oggetti frattali hanno forma quadrata ($n \times n$) perché ciascuna coordinata $(x, y, \text{ecc.})$ si definisce (relativisticamente) rispetto alle altre (n): tante coordinate in colonna corrispondono ad altrettante coordinate in riga.

La reiterazione delle trasformazioni espande la matrice originaria, che diventa la funzione di una funzione (di una funzione di una funzione, al succedersi delle reiterazioni); e l'espansione della matrice espande le dimensioni dell'oggetto, che dunque si definisce come un *insieme* di elementi (per es., il broccolo romanesco è un insieme di cuspidi, che a loro volta sono insiemi di cuspidi, ecc.). Ogni porzione della matrice può rappresentare un insieme a sé – comunque omotetico rispetto a quello principale – se si *approfondisce* la descrizione di quella porzione di spazio, reiterando la funzione prescritta dalla matrice in un'area specifica dell'oggetto, cioè “zoomando” in termini fotografici.

La matrice raccoglie tutti gli stati possibili – e infiniti – del *campo informativo* da cui è generato un oggetto frattale: la matrice raccoglie contemporaneamente tutti gli stati operazionali a cui sottoporre ogni elemento dell'oggetto. Le operazioni sui dati estraggono alcuni stati – escludendone altri – a seconda della profondità dell'iterazione (o intensità dello zoom); ma i dati sono già tutti raccolti nella struttura della matrice.

D'altro canto, l'osservazione analitica di un oggetto che si trasforma – cioè che muta coordinate spazio-temporali – consente di ricavare una matrice che descriva le proprietà omotetiche di quell'oggetto: l'osservazione dell'oggetto consente di derivare una matrice che descriva lo schema informativo dell'oggetto. Perciò si può pensare un oggetto come l'insieme risultante da uno schema informativo: cosicché un oggetto sarebbe *reale*, sul versante sensibile, ma *astratto*, sul versante informativo; con la conseguente (ennesima) sovrapposizione dualista di due polarità opposte.

Dirac (1930b) e Feynman/Leighton/Sands (1963/2013) hanno applicato la teoria delle matrici alla meccanica quantistica per descrivere le proprietà delle particelle, e hanno rilevato come l'interazione dei quanti rispetti le geometrie frattali (Kempkes *et al.* 2018). Così la meccanica quantistica riesce a rappresentare la complessità del *continuum* come una *matrice di densità* (von Neumann 1927), cioè un prodotto esterno $|x\rangle\langle y|$, che miscela o aggrega statisticamente tutti gli stati potenziali di un sistema. E la teoria matematica si riflette nell'esperienza sensibile: la fisiologia sembrerebbe confermare che il cervello in fase di veglia possa elaborare solo sequenze di stati adiacenti (dallo stato l allo stato m allo stato n o viceversa); cioè il cervello seguirebbe un solo “percorso” tra gli infiniti percorsi disponibili nel campo, tanto in fase di veglia (lungo un percorso “lineare”) quanto nel sonno (lungo un percorso “a salti”); con la caratteristica che nel sonno le informazioni si avvicinano sconclusionatamente (i sogni infrangono quasi sempre l'unità di tempo e di spazio), consentendo perciò lo studio psicoanalitico della realtà, come intuirono Freud (1900) e Jung (1910).

Ne derivano anche conclusioni più teoretiche o speculative, come quella che propongo qui: l'estrazione di uno stato (x) , con coordinate spazio-temporali specifiche, da parte di un individuo (X) , fa collassare tutta la funzione d'onda adiacente a quello stato (x) : nessun altro individuo (Y) potrà mai più estrarre quello stesso stato (x) in quello stesso *continuum*. La retta della storia nella fig. 2.2 si genererebbe così. Un individuo medesimo (X) preclude a se stesso di estrarre uno stato spazio-temporale già estratto (x) perché quell'individuo (X) cambia la propria struttura nel corso del tempo (t) : $X_{t+1} \neq X_t$. Le cellule del suo corpo muoiono e vengono sostituite di continuo da altre; anticorpi e batteri combattono e muoiono e si riproducono nel suo organismo; gli atomi che compongono una cellula si ricombi-

nano con altri atomi, costituendo insiemi nuovi, che sostituiscono gli insiemi precedenti. L'atomo che decade si trasforma in particelle nuove. La chiamiamo comunemente *morte*, anziché *cambiamento*, ma è il passaggio incessante e immanente da uno stadio a un altro stadio dell'esistenza; è l'estrazione di un'altra cella della matrice e il collasso di tutte le celle alternative a quella adiacente.

Tutte le religioni ci ricordano da millenni che l'evento fatale finale (quella che chiamiamo comunemente *morte*) già c'è – la matrice già comprende una cella di configurazione nuova – e procede dal futuro verso il presente, come già spiegato al cap. 2. Tutte le religioni in genere suggeriscono che la morte sia il momento in cui smettiamo di morire al-di-qua (nel fenomeno) per passare alla vita al-di-là (nel noumeno); il momento in cui passiamo dalla luce intermittente al-di-qua (che divide e impone le differenze) alla “luce perpetua” e indivisa al-di-là (che coincide anche col buio totale); il momento in cui, rispetto alla fig. 5.1, passiamo dalla luce emessa nel diagramma sinistro alla luce assorbita nel diagramma destro. Le società arcaiche ribadivano costantemente questi concetti e ci hanno tramandato l'abitudine a pensare in termini duali: per es., tramandando nella cultura cattolica medievale il concetto filosofico rappresentato dal verbo *διαβάλλω* (gr., ‘passo al di là’, ‘attraverso’) – che è un composto di *δια* (gr., ‘due’) e *βάλλω* (gr., ‘colloco’) – che significa anche ‘separo’ perché la mente duale associa l'idea di un passaggio al-di-là con l'idea di una separazione dall'al-di-qua: la cultura cattolica l'ha tradotto nell'immagine del *diavolo*, “colui che separa”, “colui che divide”, anziché riunire come fa Dio che, invece, tiene insieme la collettività – “così in cielo come in terra” recita la preghiera – tramite la *religione*, la cui etimologia afferisce tanto al sostantivo *religō* (lat., ‘rispetto’, ‘culto’) quanto al verbo *relīgāre* (lat., ‘legare’, ‘fissare’).

La preghiera evangelica (Mt 6: 9-13; Lc 11: 2-4) è un regolamento per la vita comunitaria (della Chiesa), basato su un patto divino e duale, simmetrico o asimmetrico, a seconda dei casi. Innanzitutto *la comunità* invoca il “Padre nostro”, quello “nei cieli”, comune a tutti, ma distinto da quello terreno che ha ciascun individuo (prima dualità asimmetrica). Poi la preghiera introduce tre doveri dei fedeli per garantire tre concessioni da parte della divinità (la dualità simmetrica *dovere/ricompensa*, secondo cui una polarità tende verso l'altra, struttura tutta la preghiera): santificare il nome del padre o mantenerlo segreto (dal gr., *ἀγιασθήτω*, ‘sia consacrato’), cioè evitare che l'al-di-qua contamini l'al-di-là (primo dovere e seconda asimmetria); raggiungere (dal gr., *ἐλθέτω*, ‘sia raggiunto’) il suo regno dall'al-di-qua della vita quotidiana all'al-di-là della morte (secondo dovere e terza asimmetria); far compiere la sua volontà, contrapposta alla volontà dell'individuo, subordinato alla divinità (terzo dovere e quarta asimmetria); affinché la divinità conceda quotidianamente alla comunità un nutrimento spirituale (dal gr., *ἐπιούσιον*, composto da *ἐπί*, ‘sopra’, e *οὐσία*, ‘ricchezza’, ‘sostanza’), che rappresenta un valore filosofico (quinta asimmetria, *materia/spirito*, e prima ricompensa); ma anche affinché la divinità condoni i peccati nella stessa misura in cui ciascuno li condona agli altri membri della comunità (secondo principio di simmetria duale e seconda ricompensa); e non “metta alla prova” la comunità (dal gr. *εἰσενεγκῆς ἡμᾶς εἰς πειρασμόν*), come invece fece con Giobbe, ma la “liberi dal male” (sesta asimmetria e terza ricompensa). E se immaginiamo che la divinità sia il campo quantistico, da cui si dipana ogni cosa (ogni evento), il sincretismo tra scienza e misticismo è quasi lampante.

La tendenza a differenziare gli oggetti del sapere e a organizzare i sistemi (anche quelli sociali) costruendo polarità duali – come avviene nel *Padre nostro* – sembra connaturata allo sviluppo di ogni comunità e di ogni mito fondativo, che costruisce le narrazioni e l'immaginario collettivo operando su due livelli: con una *mimesi interna*, che edita ordini di analogie e discrasie tra coppie bipolari presenti in ciascuna narrazione; e con una *mimesi esterna*, esercitata dai narratori che – anche a distanza di migliaia di chilometri e di anni l'uno dall'altro – hanno narrato miti che replicavano, di fatto, sempre gli stessi stereotipi,

iscritti probabilmente nella struttura del pensiero umano o addirittura nei fatti fondamentali della storia²². I miti “si trasformano in altri miti che a loro volta subiscono nuove trasformazioni e così di seguito” (Lévi-Strauss 1971/2008: 566). Insomma, il mito strutturerebbe la cultura come una funzione ologomica, consentendo:

di evocare un passato abolito e di applicarlo come un cifrario della dimensione del presente al fine di svelarvi un senso in cui coincidono le due facce – quella storica e quella strutturale – che l'uomo vede della propria realtà (Lévi-Strauss 1972/1978: 37).

Il mito parla il linguaggio dell'inconscio perché riunifica nelle sue serie duali – oppostive o adesive – tutte le differenze classificate dalla razionalità: il mito e l'inconscio simmetrizzano le asimmetrie, per dirla con la psicoanalisi di Matte Blanco (1975/2000). E questa proprietà mimetica della cultura consente anche di deviare l'informazione verso il caos, anziché verso l'ordine, come dimostra il fenomeno dilagante delle *fake news* (ingl., 'notizie false', 'bufale'), che nell'era di Internet contribuiscono a distribuire sempre più iniquamente il benessere, veicolando i messaggi pubblicitari (a vantaggio di mercati sempre meno concorrenziali) tramite la diffusione di informazioni distorte, ma succulente e ad alto contenuto emozionale (Rossi 2018b).

22 La violenza si rintraccia in tutti i miti fondativi come un intermediario che regola i rapporti sociali a vario titolo (Rossi 2019). Secondo Wrangham (2019) la pena capitale avrebbe consentito alle prime comunità umane di organizzare le regole sociali (leggi) e di facilitare la cooperazione, allo scopo (paradossale) di ridurre l'aggressività reattiva.

6. Economia quantistica

Uno dei vantaggi principali è che l'approccio quantistico incorpora naturalmente le proprietà dualistiche della moneta (Orrell 2019: 31).

6.1. Logiche a confronto

Il metodo analitico usato dagli economisti *mainstream* si differenzia da quello degli statistici quantistici perché la scienza economica presuppone una struttura completamente deterministica dei fenomeni economici (erede del pensiero scientifico consolidato fino all'inizio del XX sec.), mentre le scienze fisiche ammettono che un sistema possa dipendere dall'interazione di eventi casuali, non perfettamente determinabili, secondo la legge d'indeterminazione di Heisenberg (1927) e secondo il postulato di Bell (1964). La scienza economica studia l'ottimizzazione delle scelte come processi decisionali razionali, determinati da obiettivi egoistici specifici, da strategie cooperative o competitive, e da modelli comportamentali matematizzati. Penrose (1994/2005) però ha dimostrato una considerazione già nota agli psicoanalisti: la consapevolezza di un essere vivente (in ingl. *awareness*) risulterebbe da processi più complessi di quelli meramente computazionali, per quanto un algoritmo possa essere sofisticato. Perciò anche le scelte economiche, per quanto razionali, potrebbero dipendere da variabili nascoste, da scoprire e studiare.

La scienza economica sta esplorando da pochi anni – e raramente – le declinazioni economiche della statistica quantistica, mentre le scuole economiche dominanti continuano a esprimersi nel linguaggio formale sviluppato dalla fisica classica tra il XIX e il XX secolo, quando Cournot (1838) introdusse il metodo postmoderno della scienza economica, sollecitandone lo studio tramite l'algebra e articolando quattro settori analitici: “Le ricchezze” (la microeconomia odierna), “La moneta” (le basi della macroeconomia odierna), “Il sistema economico” (la macroeconomia odierna) e “L'ottimo economico” (la politica macroeconomica odierna). Jevons (1871), Walras (1881) e Fisher (1892) raccolsero la provocazione di Cournot e svilupparono la scienza economica moderna sulle basi matematiche “marginaliste”: svilupparono una scienza orientata ad analizzare i margini dei valori economici, i limiti delle funzioni correlati a variazioni notevoli (Δ) o infinitesimali (δ) del consumo di beni o servizi e dell'impiego di fattori produttivi (cfr. il cap. 1.3). La scienza economica moderna, insomma, è nata e si è sviluppata formalizzando le teorie dello scambio e della produzione mediante una matematica “limitata” all'uso di funzioni derivate di primo grado, come quelle che si studiano ancora oggi nei libri di testo più accreditati – come Sloman/Garratt (2016) e Blanchard/Johnson (2017) – con l'unica eccezione per la funzione di produzione sviluppata da Cobb/Douglas (1928).

Le riformulazioni dell'economia col metodo e col linguaggio della meccanica quantistica, invece, sono abbastanza recenti e sporadiche, ma soprattutto sono molto specifiche, anziché generali: introducono il metodo quantistico nell'analisi degli *shock* dei mercati finanziari¹, ma lasciano invariata la struttura concettuale dell'economia classica² e, soprattutto, ignorano il fenomeno dell'*entanglement* che, invece, caratterizza l'analisi quantistica (cfr. il cap. 4.7 e il 5.1). I modelli microeconomici e macroeconomici *mainstream* ancora non

1 Cfr. Belal E. Baaquie (2004) e David Orrell (2018).

2 Bernard Schmitt (1984) ha suggerito una ristrutturazione della macroeconomia (neo)classica, scrivendo esplicitamente di “economia quantistica”, ma conservando la logica e il linguaggio matematico classici, cioè lineari, senza appellarsi (neanche formalmente) alla meccanica quantistica; benché abbia introdotto i concetti (umanistici, anziché matematici) di *distribuzione ondulatoria* della produzione (in funzione del tempo) e di *trasformazione* della materia esistente, anziché creazione (o produzione) del nuovo.

sono stati riformulati propriamente in termini quantistici (come, invece, è già avvenuto nella fisica), perciò mi sembra opportuno proporre una ricodifica in questo capitolo.

I tentativi di riformulare la scienza economica in chiave quantistica implicano l'idea – più generale – di simmetrizzare le regole della dimensione macroscopica con quelle della dimensione microscopica: cioè implicano una lettura dei fenomeni sociali (per es., quelli che riguardano il comportamento della moneta) come espressione di fenomeni impercettibili (sub atomici); cioè implicano l'ammissione di un'omotetia che riflette gli schemi fondamentali della materia negli schemi più astratti dei legami sociali; o, in altri termini, implicano la simmetria bidirezionale tra una struttura profonda dei fenomeni reali – l'"ordine implicito" di cui scriveva Bohm (1980) – e una struttura superficiale – l'ordine esplicito – dei fenomeni reali.

La fisica e l'economia parlano la stessa lingua matematica, ma semantizzano differentemente concetti che all'apparenza dovrebbero somigliarsi: forse perché le strutture di pensiero dei fisici e degli economisti si differenziano, soprattutto nella fase in cui i fenomeni sociali vengono tradotti in modelli matematici, e poi nella fase successiva di traduzione delle formule matematiche in enunciati della lingua naturale, come già visto al cap. 1.

Un esempio lo fornisce la disamina di un concetto fondamentale tanto nella fisica quanto nell'economia: la velocità.

L'eq. 2.4 ($v = s/t$) della fisica newtoniana definisce la *velocità di spostamento di un corpo* (v) come il rapporto ($/$) tra lo spazio (s) percorso da quel corpo e il tempo (t) impiegato per percorrere quella distanza: per es., $^{132\text{Km}}/_{2\text{h}} = ^{66\text{Km}}/_{1\text{h}}$ significa che un corpo viaggia alla velocità media di 66 chilometri all'ora (o 18,33 metri al secondo), se percorre 132 chilometri in 2 ore. La *teoria quantitativa della moneta* di Fisher (1911), invece, chiama *velocità di circolazione della moneta* (V) il rapporto ($/$) tra la spesa complessiva annuale ($Y = PT$, cioè la quantità di transazioni, T , effettuate da una comunità a fronte di un livello generale dei prezzi, P) e la quantità di moneta (M) in circolazione in quello stesso anno:

$$[6.1] \quad V = \frac{Y}{M}$$

Per es., i membri di una comunità che avessero effettuato transazioni (Y) per 200.000€ complessivi l'anno scorso, disponendo di banconote (M) per 100.000€, avrebbero fatto circolare la moneta alla velocità di $^{200.000}/_{100.000} = 2$: la velocità di scambio (la propensione collettiva alla compravendita) avrebbe consentito a quella comunità di raddoppiare (2, cioè 200%) il valore nominale della moneta circolante; ma la velocità sarebbe risultata $V = ^{40.000}/_{100.000} = 0,4$ (la propensione alla compravendita avrebbe reso il 40% del valore nominale della moneta circolante), se quella stessa comunità avesse effettuato scambi per $Y = 40.000$, disponendo comunque di $M = 100.000$.

Gli economisti traducono la frase dei fisici "quanto spazio in quanto tempo" nella frase "quanto reddito con quanta moneta"; cioè, in termini di unità di misurazione, traducono l'espressione "chilometri all'ora" (Km/h) in "euro all'euro" ($\text{€}/\text{€}$). L'eq. 2.4 della fisica stabilisce una relazione tra cose diverse (ma appartenenti allo stesso *continuum*) come spazio e tempo, tra *unità di misura diverse* come chilometri e ore, perciò definisce la velocità (v) come una grandezza relativistica (il valore del chilometro cambia in funzione del valore dell'ora: per es., $^{2\text{Km}}/_{1\text{h}} > ^{2\text{Km}}/_{2\text{h}}$ significa che due chilometri percorsi in un'ora valgono più di due chilometri percorsi in due ore); mentre l'eq. 6.1 dell'economia mette in relazione una certa cosa (il reddito monetario nominale) con se stessa (la moneta nominale), mette in relazione un'unità di misura con se stessa, perciò definisce la velocità (V) come una grandezza assolutistica (il rapporto $\text{€}/\text{€}$ definisce il valore di scambio della moneta in termini percentuali, ma un euro è sempre un euro: per es., l'idea di transazioni effettuate per

il 200% degli euro in circolazione dipende proprio dall'assolutezza del valore nominale di un euro).

Il pensiero fisico e quello economico differiscono già per la definizione di un riferimento primario: i fisici intendono la velocità come una *grandezza relativa* (lo spazio in relazione al tempo, quantità di metri in relazione a un secondo), mentre gli economisti la intendono come una *grandezza assoluta* (una certa percentuale di moneta, quanta moneta produce ogni unità di moneta).

C'è poi da notare come le equazioni quadratiche e l'interpretazione delle loro soluzioni duali (per es., l'eq. 3.8, la 3.17, la 3.33, la 3.50, la 4.5 o la 4.30) rappresentino i capisaldi della fisica proprio per questa loro caratteristica, mentre la gran parte dei modelli economici più accreditati ignorano le implicazioni delle soluzioni duali, limitandosi a descrivere funzioni lineari: i fisici ammettono la possibilità che la materia si comporti in maniera apparentemente contraddittoria, mentre gli economisti analizzano solo gli aspetti pragmatici dei modelli descrittivi, preferendo ignorare quelli (apparentemente) contraddittori, che pure si possono rilevare nell'analisi economica, oltretutto nel comportamento umano pragmatico.

Questa reattanza degli economisti verso il significato profondo delle equazioni quadratiche forse dipende dall'affinità che gli economisti hanno stretto con la logica pragmatica dell'entropia: la regola microeconomica per la massimizzazione dell'extraprofitto (l'eq. 1.8) rispecchia la regola fisica dell'entropia dei gas (l'eq. 4.6.1). Le due equazioni hanno esattamente la stessa forma e lo stesso significato rispetto all'efficienza: la 4.6.0 definisce perfettamente efficiente un sistema in cui un corpo freddo acquisisce tanto calore ($+\Delta T_F$) quanto ne cede uno caldo ($-\Delta T_C$); come l'eq. 1.8 definisce perfettamente efficiente un'impresa che registra tanti ricavi incrementali ($+\Delta R$) quanti sono i suoi costi incrementali ($-\Delta C$). La realtà però risulta più complessa di così, come fanno i fisici, che considerano l'eq. 4.6.1 un modello puramente teorico, mentre definiscono l'entropia con l'eq. 4.8 come una forma di dispersione continua dell'energia.

Perciò riformulo di seguito un paio di modelli microeconomici e macroeconomici standard, descrivendoli come sistemi quantistici, per fornire una prova di come il linguaggio matematico possa trasformare il pensiero economico e svelarne i significati impliciti.

6.2. Teoria microeconomica dell'impresa

Una riformulazione quantistica della teoria microeconomica dell'impresa esemplifica come l'interpretazione quantistica delle soluzioni duali per le equazioni quadratiche possa arricchire la teoria correntemente dominante. Si prenda la *legge della domanda* come spunto di riflessione:

$$[6.2] \quad Q = a - bP$$

L'eq. 6.2 rappresenta la quantità complessiva (Q) di un certo bene o servizio domandato dal mercato; significa che i consumatori acquistano solo la quantità a di un certo bene o servizio quando il prezzo è nullo ($P = 0$), accettando una certa quantità (a) in omaggio³: scrivere $Q = a - b0$ significa $Q = a - 0$, cioè $Q = a$. La quantità massima (a) misura il punto d'intersezione tra la curva di domanda e l'asse delle ascisse Q , come indica la curva diagonale nella fig. 6.1.

3 Le offerte promozionali (come i famosi "tre per due" o i campioni omaggio) consentono di valutare questa caratteristica (a) della funzione di domanda (Q), oltretutto a promuovere un prodotto nuovo o a rilanciarne uno obsoleto.

L'eq. 6.2 significa anche un'altra cosa: la quantità complessiva domandata (Q) diminuisce ($-$) al crescere del prezzo unitario di vendita (P) in ragione del coefficiente (b), che esprime le preferenze dei consumatori: il coefficiente negativo ($-b$) misura come reagiscono i consumatori – quanto sono *elastici*⁴ – all'aumentare del prezzo. Il rapporto inversamente proporzionale della quantità (Q) rispetto al prezzo (P) si rappresenta in un grafico come la funzione lineare inclinata negativamente nella fig. 6.1, di cui il coefficiente negativo ($-b$) determina la pendenza.

La funzione di domanda dei consumatori (Q) regola i ricavi di un'impresa (R), descritti dall'eq. 6.3:

$$[6.3] \quad R = PQ$$

I ricavi (R) di un'impresa dipendono dalla quantità di prodotto (Q) domandata dai consumatori che sostengono un certo prezzo unitario (P) per acquistarla: per es., una gelateria ricava 20€, se vende 10 gelati al prezzo unitario di 2€ ($20_R = 2_P \times 10_Q$).

Il membro destro dell'eq. 6.2 ($a-bP$) si sostituisce alla variabile Q del membro destro nella 6.3 per ottenere:

$$[6.4.1] \quad R = P(a-bP)$$

$$[6.4.2] \quad R = aP - bP^2$$

$$[6.5] \quad P = \frac{a \pm \sqrt{a^2 - 4bR}}{2b}$$

L'eq. 6.4.2 dei ricavi (R) – risolta per P con l'eq. 6.5⁵ – implica coppie di soluzioni (come i valori P_A e P_B associati a uno stesso valore di R nella fig. 6.1) perché la funzione è quadratica (la fig. 6.1 la rappresenta come una parabola), mentre l'eq. 6.2 ammette soluzioni singole (come il valore Q_B o Q_A , ciascuno associato a un solo valore P_A o P_B nella fig. 6.1) perché la funzione di domanda è lineare. L'eq. 6.5 implica che un certo livello di ricavo (R) individui sempre due composizioni diverse di quantità venduta e di prezzo unitario, come indicano i due punti sulla curva a forma di arco, che misura i ricavi nella fig. 6.1. Ciascuno dei due volumi diversi di quantità individua una sola corrispondenza di prezzo sulla curva di domanda: una quantità bassa (Q_B) si compone solo con un prezzo alto (P_A), mentre una quantità alta (Q_A) si compone solo con un prezzo basso (P_B), per restituire uno stesso volume di ricavi totali (R). Per es., la gelateria esemplificata poc'anzi può ricavare $20_R = 2_P \times 10_Q$, se vende 10 gelati al prezzo unitario di 2€, ma anche $20_R = 1_P \times 20_Q$, se vende 20 gelati al prezzo unitario di 1€: i due rettangoli, dati dalla moltiplicazione del prezzo per la quantità, misurano la stessa area ($20_R = P_A Q_B = P_B Q_A$).

4 Il coefficiente di elasticità (ε) misura la reattività della domanda (Q) rispetto al prezzo (P): $\varepsilon = -\Delta Q / \Delta P$, quanto diminuisce la quantità domandata ($-\Delta Q$) quando aumenta il prezzo (ΔP); e in termini percentuali $\varepsilon = (-\Delta Q / \Delta P)(P/Q)$, quale diminuzione percentuale della quantità ($-\Delta Q/Q$) si registra per un incremento percentuale del prezzo ($\Delta P/P$).

5 L'eq. 6.5 è la formula risolutiva tipica delle equazioni quadratiche. Il segno \pm al numeratore indica la coesistenza di due soluzioni ($\frac{a + \sqrt{a^2 - 4bR}}{2b}$ e $\frac{a - \sqrt{a^2 - 4bR}}{2b}$), una di valore maggiore rispetto all'altra ($+P_A > -P_B$).

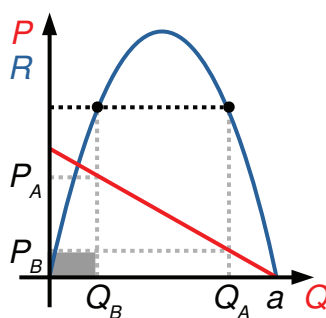


Fig. 6.1. Le funzioni di domanda (Q) e di ricavo (R) classiche.

L'economia dominante trascura il significato di questa constatazione apparentemente banale, limitandosi a usare l'eq. 6.4.2 per derivare i ricavi marginali (l'eq. 1.2)⁶, a cui applicare la legge di massimizzazione dell'extraprofitto (l'eq. 1.8)⁷, riconducendo l'analisi del modello imprenditoriale a un sistema di equazioni di primo grado. Ma l'eq. 6.4.2 (risolta come la 6.5) consente di sviluppare un discorso più complesso perché le coppie di soluzioni quadratiche implicano una *sovrapposizione di stati*: le aree equivalenti $P_A Q_B$ e $P_B Q_A$ coesistono per ogni livello di ricavo (R), come si vede nel grafico della fig. 6.1; perciò definiscono una condizione di incertezza relativa ad ogni livello di ricavo. La sovrapposizione di quei due stati coincide con la sovrapposizione quantistica descritta al cap. 4. Perciò la teoria dell'impresa si può descrivere anche come un flusso di vettori di stati, usando l'algebra di Dirac (1930b), già descritta al cap. 4.6, dall'eq. 4.33 alla 4.37.

$$[6.6] \quad |R\rangle = |P_A Q_B\rangle + |P_B Q_A\rangle$$

L'eq. 6.6 significa che il vettore $|R\rangle$, che aggrega tutti i livelli di ricavo, individua coppie di stati sovrapposti (+) per ogni volume di ricavo: una quantità bassa (Q_B) si compone con un prezzo alto (P_A) nello stato $|P_A Q_B\rangle$ e una quantità alta (Q_A) si compone con un prezzo basso (P_B) nello stato $|P_B Q_A\rangle$, per restituire lo stesso ricavo (R). Il vettore $|R\rangle$ è l'insieme di tutti i livelli di ricavo quantizzato, cioè calcolato per valori discreti di prezzo (per es., $P = 3,76$ e $P = 3,77$, ma non $3,76 < P < 3,77$) e di quantità (per es., $Q = 123$, ma non $Q = 122,675493$): perciò le curve della fig. 6.1 andrebbero pensate come insiemi di punti (quanti) distinti (discreti), anziché come linee continue. Lo stato quantizzato $|R\rangle$ esclude tutte le combinazioni di prezzo e quantità ammesse, invece, dalla funzione continua R .

La sovrapposizione degli stati $|P_A Q_B\rangle$ e $|P_B Q_A\rangle$ di $|R\rangle$ implica una corrispondenza diretta tra l'uno e l'altro, cosicché ciascuno stato transiti sempre verso l'altro nello spazio di $|R\rangle$:

$$[6.7.1] \quad \langle P_A Q_B | P_B Q_A \rangle = \langle P_B Q_A | P_A Q_B \rangle$$

L'eq. 6.7.1 (di cui ogni membro si legge da destra verso sinistra per la proprietà non commutativa dell'algebra di Dirac) significa un'equivalenza (=) tra la transizione dello stato iniziale $|P_B Q_A\rangle$ verso lo stato finale $\langle P_A Q_B|$ e la transizione dello stato iniziale $|P_A Q_B\rangle$ verso lo stato finale $\langle P_B Q_A|$. La corrispondenza biunivoca tra gli stati sovrapposti individua uno stato transitorio (B) comune a entrambi gli stati (l'area grigia $P_B Q_B$ nella fig. 6.1) e persistente nello spazio di $|R\rangle$, che si descrive come:

6 La derivata prima dell'eq. 6.4.2 è la funzione lineare: $R' = a - 2bP$.

7 Il prezzo (P) non figura nei costi (C), perciò la condizione $C' = R'$ (eq. 1.8) si misura esplicitando entrambe le funzioni per la variabile Q , che accomuna costi e ricavi. Perciò la massimizzazione dell'extraprofitto è funzione della quantità (Q) prodotta e venduta dall'imprenditore.

$$[6.7.2] \quad \langle P_A Q_B | P_B Q_B | P_B Q_A \rangle = \langle P_B Q_A | P_B Q_B | P_A Q_B \rangle$$

$$[6.7.3] \quad \langle P_A Q_B | B | P_B Q_A \rangle = \langle P_B Q_A | B | P_A Q_B \rangle$$

$$[6.8] \quad |B\rangle = |P_B Q_B\rangle$$

L'ampiezza dello stato transitorio $|B\rangle$ riduce l'incertezza relativa alla definizione fornita con l'eq. 6.6 (secondo cui ogni livello di ricavo implica l'incertezza dello stato compositivo che definisce i ricavi) perché lo stato transitorio $|B\rangle = |P_B Q_B\rangle$ è sempre certo nello spazio di $|R\rangle$ e si può rappresentare graficamente come la curva a forma di campana disegnata sotto la curva a forma di arco nella fig. 6.2.

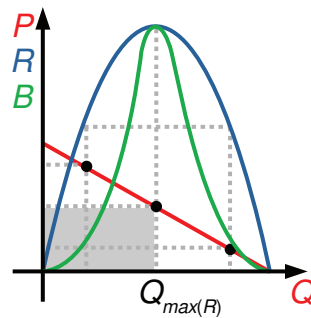


Fig. 6.2. Distribuzione quantistica dei ricavi.

Lo stato $|B\rangle$ condivide un'area significativa con lo stato $|R\rangle$: ciò riduce altrettanto significativamente l'incertezza compositiva dei ricavi.

$$[6.9] \quad \langle R | B \rangle = \langle P_A Q_B | P_B Q_B \rangle + \langle P_B Q_A | P_B Q_B \rangle$$

Il membro sinistro dell'eq. 6.9 riassume la corrispondenza biunivoca dell'eq. 6.7.3, secondo cui lo stato $|B\rangle$ transita tanto nello stato $\langle P_A Q_B |$ quanto nello stato $\langle P_B Q_A |$; mentre il membro destro dell'eq. 6.9 esplicita l'entanglement (+) definito con la 6.6: la transizione dallo stato $|B\rangle$ allo stato $|R\rangle$ è la sovrapposizione (+) della transizione dallo stato $|P_B Q_B\rangle$ a uno qualsiasi dei due stati $|P_A Q_B\rangle$ e $|P_B Q_A\rangle$ che definiscono il vettore $|R\rangle$.

$$[6.10.1] \quad \langle R | B \rangle = 1$$

L'assioma 6.10.1 esplicita la persistenza dello stato $|B\rangle$ nel vettore $|R\rangle$: lo stato $|B\rangle$ transita sempre (1 vale 100%) verso uno stato di ricavo racchiuso nello spazio del vettore $|R\rangle$. Un certo volume di ricavi si può calcolare sempre in due modi ($R = P_A Q_B = P_B Q_A$), tali che la composizione del prezzo basso (P_B) con la quantità bassa (Q_B) restituisca sempre uno stesso volume di ricavo (B) minore di quello di riferimento ($R > B = P_B Q_B$) come esemplifica l'area grigia della fig. 6.1 in comune ai due rettangoli $P_A Q_B$ e $P_B Q_A$ e con angolo sempre all'origine degli assi cartesiani.

L'analisi quantistica introduce l'aspetto duale delle possibilità compositive del ricavo ($R = P_A Q_B = P_B Q_A$), secondo cui deve esistere anche la possibilità di uno stato $|A\rangle = |P_A Q_A\rangle$, che però è assolutamente improbabile:

$$[6.10.2] \quad \langle R | A \rangle = 0$$

L'assioma 6.10.2 specifica che uno stato $\langle R|$ non può mai (0) derivare da uno stato $|A\rangle$, che compone il prezzo alto con la quantità alta ($P_A Q_A$): la composizione del prezzo alto (P_A) con la quantità alta (Q_A) restituisce sempre un volume di ricavi amplificati (A) estraneo alla funzione dei ricavi effettivi ($R < A = P_A Q_A$; la moltiplicazione individuerrebbe un rettangolo con parte dell'area eccedente la curva di domanda o una curva eccedente la curva dei ricavi a forma di arco nella fig. 6.1).

	Q_A	Q_B
P_A	0	R
P_B	R	1

Tab. 6.1. Matrice di composizione quantistica dei ricavi.

La tab. 6.1 riassume le risultanze dei due assiomi (6.10.2 nella cella in alto a sinistra; 6.10.1 nella cella in basso a destra), oltreché la relazione degli stati $|B\rangle$ e $|A\rangle$ con la sovrapposizione degli stati $|P_A Q_B\rangle$ e $|P_B Q_A\rangle$ definita nell'eq. 6.7.2: $|B\rangle$ transita sempre (1) verso uno dei due stati di $|R\rangle$, mentre $|A\rangle$ non lo fa mai (0).

La composizione $B = Q_B P_B$ è una certezza implicata nel vettore di stato $|R\rangle$ (cfr. le eq. ni 6.9 e 6.10.1) che si può illustrare come una distribuzione di densità (fig. 6.2) relativa a tutto il vettore $|R\rangle$ ⁸. La distribuzione $|B\rangle$ aggrega ogni soluzione $|Q_B P_B\rangle$ che appartiene tanto allo stato $|P_A Q_B\rangle$ quanto allo stato $|P_B Q_A\rangle$ secondo l'eq. 6.7.2: $|B\rangle$ rappresenta un'area di sovrapposizione (l'area grigia nella fig. 6.1) che tende a coincidere con $|R\rangle$ quando il ricavo raggiunge il valore massimo (con $R' = 0$, come spiegato al cap. 1). La fig. 6.2 rappresenta la composizione di B come la curva a forma di campana inclusa al di sotto della curva a forma di arco (i ricavi classici, R): quando il ricavo è massimo la posizione delle due aree dei ricavi coincidono tra loro e coincidono con l'area transitoria tra gli stati ($P_B Q_B = P_B Q_A = P_A Q_B$), come indica l'area grigia della fig. 6.2, più grande di quella della fig. 6.1 (dove $R = P_A Q_B = P_B Q_A > P_B Q_B$).

L'analisi quantistica della teoria dell'impresa ridefinisce il significato della teoria dominante. La quantità che rappresenta una scelta ottima (Q_E) in termini "classici" ($R' = C'$, secondo l'eq. 1.8) individua ricavi ($R_E = P_E Q_E$) che includono anche lo stato fondamentale ($B = P_B Q_B$); e $|B\rangle$ si sovrappone tanto agli extraprofiti (E) quanto alle perdite ($-E$). Ciò significa due cose: la prima è che il vettore di stato $|R\rangle$ sovrappone la probabilità di registrare una perdita alla probabilità di registrare un extraprofito (l'incertezza compositiva di $|R\rangle$ investe extraprofiti e perdite), cosicché le due possibilità ($+E$ e $-E$) convivono in una sorta di *entanglement* quantistico identico a quello descritto con l'eq. 6.6 per gli stati che compongono $|R\rangle$. La seconda considerazione è che ogni scelta ottima (Q_E che massimizza l'extraprofito, secondo l'eq. 1.8) include una quota di perdita potenziale ($-E$) perché il vettore di stato $|B\rangle$ sovrappone la perdita ($-E$) all'extraprofito ($+E$); e quella sovrapposizione è sicuramente inclusa nel volume di ricavo ottimale (R_E), secondo l'assioma 6.10. La condizione di ottimizzazione classica ($R' = C'$) individua un livello di produzione (Q_E) coerente con il ricavo (R_E) che massimizza l'extraprofito secondo l'eq. 1.8; ma quel ricavo so-

8 La curva $B = P_B Q_B$ a forma di campana, tracciata sotto quella a forma di arco nella fig. 6.2, ha equazione $P_B Q_B = (aP - bP^2) \frac{a - \sqrt{a^2 - 4b(aP - bP^2)}}{a + \sqrt{a^2 - 4b(aP - bP^2)}}$, che si può sintetizzare come $B = R \frac{a - \sqrt{a^2 - 4bR}}{a + \sqrt{a^2 - 4bR}}$,

che a sua volta è la trasformazione formale di $B = \frac{a - \sqrt{a^2 - 4bR}}{2b} \cdot \frac{R}{a + \sqrt{a^2 - 4bR}}$, cioè $B = P_B \frac{R}{P_A}$

perché $Q_B = \frac{R}{P_A}$ (infatti $R = P_A Q_B$).

vrappone due composizioni di prezzo e quantità ($R_E = P_A Q_B = P_B Q_A$), una solo delle quali massimizza l'extraprofitto, mentre l'altra individua una perdita ($C > R$) a destra di Q_E oppure individua un extraprofitto subottimale ($R < R_E$) a sinistra di Q_E .

Lo stato transitorio $|B\rangle$ appartiene a entrambe le composizioni ($P_A Q_B = P_B Q_A$) associate al ricavo (R_E) che massimizza l'extraprofitto. Perciò lo stato transitorio $|B\rangle$ identifica una forma dualità diversa rispetto a quella dell'economia *mainstream* (domanda/offerta, capitale/lavoro, nominale/reale, ecc.); forse più interessante perché lo stato $|B\rangle$ identifica una dualità implicata nella formalità matematica, anziché meramente semantica (esplicitata dalla traduzione della lingua matematica in lingua naturale). La dualità dello stato $|B\rangle$ rispetto allo stato $\langle R|$ si riflette nella dualità dello stato $|R\rangle$ rispetto allo stato $\langle E|$:

$$[6.11.1] \quad \langle E|R\rangle = \langle E|R_A\rangle + \langle E|R_B\rangle$$

L'eq. 6.11.1 (che ricalca la 4.35) rileva che uno stato di ricavo $|R\rangle$ può transitare verso uno stato di extraprofitto $\langle E|$ in due modi diversi e sovrapposti (+): i due punti "sfalsati" sulla curva dei ricavi della fig. 6.3 individuano livelli di ricavo diversi (R_B e R_A) per lo stesso livello di extraprofitto (E) – come indicano i due punti allineati sulla curva dei profitti – tanto tramite uno stato di ricavo alto $|R_A\rangle$ quanto tramite uno stato di ricavo basso $|R_B\rangle$.

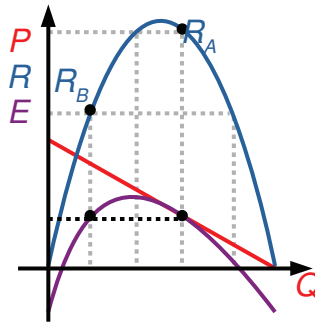


Fig. 6.3. Sovrapposizione quantistica dell'extraprofitto.

L'eq. 6.9 stabilisce che ciascuno di quei due stati $|R_A\rangle$ e $|R_B\rangle$ implica la transizione dal relativo stato $|B\rangle$, perciò la 6.11.1 si può precisare come la 6.11.2 seguente:

$$[6.11.2] \quad \langle E|R\rangle = \langle E|R_A|B_A\rangle + \langle E|R_B|B_B\rangle$$

L'eq. 6.11.2 rileva che uno stato di ricavo $|R\rangle$ qualsiasi transita verso uno stato di extraprofitto $\langle E|$ tramite una sovrapposizione (+) di due transizioni: da $|B_B\rangle$ verso $\langle R_B|$ (secondo l'eq. 6.7.2) e poi da $|R_B\rangle$ verso $\langle E|$, come anche da $|B_A\rangle$ verso $\langle R_A|$ e poi comunque verso $\langle E|$. Ciascuno dei due stati sovrapposti dei ricavi (R_B e R_A), converge verso l'extraprofitto (E nel quadrante positivo del piano cartesiano) e ciascuno sovrappone i due stati di prezzo (P) e quantità (Q) descritti con l'eq. 6.6, che consente di specificare:

$$[6.11.3] \quad \langle E|R\rangle = \langle E|P_{AA}Q_{BA}|B_A\rangle + \langle E|P_{BA}Q_{AA}|B_A\rangle + \langle E|P_{AB}Q_{BB}|B_B\rangle + \langle E|P_{BB}Q_{AB}|B_B\rangle$$

$$[6.11.4] \quad \langle E|R|B\rangle = 1$$

L'eq. 6.11.3 esplicita come un livello qualsiasi di extraprofitto (E) sovrapponga quattro stati di ricavo ($R = PQ$), ciascuno dei quali sovrappone i due stati fondamentali $|B_A\rangle$ e $|B_B\rangle$. Ne consegue che la transizione certa $\langle R|B\rangle = 1$ (eq. 6.7.2) sovrappone perdite ed extraprofitto perché implica l'incertezza del risultato (E o $-E$) nella certezza dello stato (1), mentre la transizione $\langle E|R|B\rangle = 1$ (eq. 6.11.4) descrive la certezza di individuare un extraprofitto

(E). Così uno stato d'incertezza diventa uno stato di certezza: nello spazio di $|R\rangle$ esiste una sovrapposizione $|B_B\rangle+|B_A\rangle$ che garantisce un extraprofitto (magari non l'extraprofitto massimo). Perciò si può sostenere che, in ogni mercato, ogni impresa può individuare un vettore di ricavi minimi $|B\rangle$ in grado di assegnare extraprofitto sub-ottimali alla singola impresa; ma che consentono di incrementare la quantità delle transazioni del sistema macroeconomico, perché il vettore dei ricavi minimi limita il prezzo unitario di vendita ad un livello (P_B) tale da incentivare gli operatori sul fronte della domanda a diversificare l'impiego del reddito in altri mercati (cfr. il cap. 6.3).

Il ricavo (R) compare nell'eq. 6.11.4 come funzione del sistema $\langle E|B\rangle$: ciò significa che il ricavo dipende dalla prospettiva dell'extraprofitto $\langle E|$, coerentemente col *principio del costo pieno* di Hall/Hitch (1939), secondo cui le imprese, di fatto, ignorano la regola aurea di massimizzazione dell'extraprofitto individuata dalla teoria classica (l'eq. 1.8) e, invece, stabiliscono il prezzo di vendita (P) – cioè il ricavo medio⁹ – come una componente dell'offerta capace di assorbire i costi medi e di garantire un extraprofitto medio. Basta trasformare l'eq. 1.1 per cambiare prospettiva: $E = R - C$ si può riscrivere: $E + C = R$, se si spostano i costi (C) dal membro destro al membro sinistro (cambiando il segno – in +); cioè il ricavo si può calcolare in funzione dell'extraprofitto desiderato, considerando i costi di produzione come una voce di composizione del prezzo.

$$[6.11.5] \quad |R\rangle = \langle R_A|B_A\rangle + \langle R_B|B_B\rangle$$

Lo stato $\langle E|$ si può eliminare dai membri destro e sinistro dell'eq. 6.11.2, rivelando l'identità 6.11.5, che significa come gli stati fondamentali $|B\rangle$ (bassi o alti) si espandano sempre verso gli stati complessivi $|R\rangle$ (bassi o alti): qualsiasi composizione subottimale di prezzo e quantità (cioè B , sempre subottimale rispetto a R perché $B < R$) tende a espandersi verso un livello di ricavo che garantisca un extraprofitto secondo il principio del costo pieno. Lo si può constatare analizzando le derivate (B' e R') delle due funzioni principali.

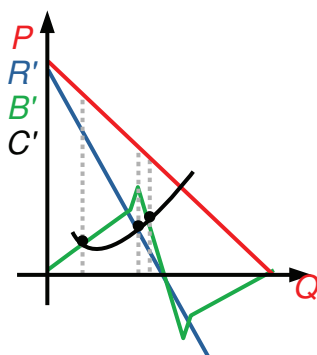


Fig. 6.4. Ottimizzazione quantistica dell'extraprofitto.

La fig. 6.4 confronta la soluzione classica ($C' = R'$ dell'eq. 1.8) con le possibilità consentite dall'analisi quantistica della funzione dei ricavi (l'eq. 6.6). Anche la curva dei ricavi transitori marginali (B' , la derivata prima della curva $B = P_B Q_B$)¹⁰ si può confrontare con la curva dei costi marginali (C'), come si fa con la retta diagonale dei ricavi marginali classici (R' dell'eq. 1.2). Se la teoria classica individua una sola soluzione (il punto centrale della

9 Il ricavo medio (RM) si calcola: $RM = R/Q$, cioè $RM = P/Q$ (perché $R = PQ$ secondo l'eq. 6.3), perciò $RM = P$ (perché la Q al denominatore annulla la Q al numeratore).

10 $B' = \frac{(2bP - a) \{ [a^2 - 4b(aP - bP^2)]^{\frac{3}{2}} - a^2 \sqrt{a^2 - 4b(aP - bP^2)} + 4ab^2 x^2 - 4a^2 bx \}}{\sqrt{a^2 - 4b(aP - bP^2)} [\sqrt{a^2 - 4b(aP - bP^2)} + a]^2}$.

fig. 6.3 dove $C' = R'$), l'analisi quantistica ($C' = B'$) sovrappone due soluzioni di ottimizzazione (i due punti estremali della fig. 6.4). La soluzione classica (un punto) giace nello spazio delimitato dalle due soluzioni quantistiche, che individuano un livello minimo e un livello massimo di ricavo transitorio (B) entro i quali si massimizza l'extraprofitto: ciò significa che l'*attività* imprenditoriale ha un senso economico solo al di sopra di un certo livello di ricavi transitori (la prima soluzione $B' = C'$, cioè il punto all'estrema sinistra della fig. 6.4). I ricavi crescono, se ci si sposta dal punto estremo sinistro della curva B' verso quello destro: i ricavi transitori (B) tendono a crescere – e tendono a coincidere con i ricavi totali entro il limite del ricavo massimo dove $\max(B) = \max(R)$, come nella fig. 6.2 – per massimizzare l'extraprofitto (E).

Infine il primo principio della meccanica quantistica fornito al cap. 4 consente di usare i due stati sovrapposti $|P_A Q_B\rangle$ e $|P_B Q_A\rangle$ dell'eq. 6.6 per definire il caso particolare (virtuale) di una relazione invariante coerente con l'eq. 4.34:

$$[6.11.6] \quad \langle P_A Q_B | P_B Q_A \rangle = \langle P_B Q_A | P_A Q_B \rangle^*$$

L'eq. 6.11 significa che la transizione da uno stato all'altro equivale al coniugato della transizione dal secondo stato al primo: il rapporto tra i due stati che compongono ciascun livello di ricavo è perfettamente reversibile, cioè ogni variazione registrata sull'asse delle ordinate (R) implica una variazione sull'asse delle ascisse, simmetrica verso destra (+) e verso sinistra (–). La fig. 6.5 rappresenta la condizione ortogonale espressa dall'eq. 6.11.6.

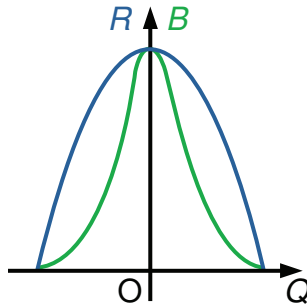


Fig. 6.5. Rappresentazione dei ricavi in stato ortogonale.

L'eq. 6.11.6 descrive un sistema di ricavi $|R\rangle$ in stato ortogonale, cioè in equilibrio rispetto ai due stati coniugati e simmetrici che restituiscono una relazione costante: la curva a forma di arco (esterna) della fig. 6.5 rappresenta una condizione in cui ogni valore di $|R\rangle$ individua due valori complementari di $|P_B Q_A\rangle$ e $|P_A Q_B\rangle$ che variano l'uno rispetto all'altro in misura direttamente proporzionale. Altrettanto vale per gli stati di $|B\rangle$, rappresentati dalla curva della distribuzione a forma di campana (interna).

La funzione dei ricavi rappresentata con la fig. 6.5 descrive una condizione ignorata dalla teoria classica dell'impresa, e addirittura incoerente rispetto alla definizione della domanda ($Q = a - bP$) e a quella dei ricavi ($R = PQ$), ma coerente con la formalizzazione quantistica dell'eq. 6.11.6, che *deve* significare qualcosa, se deriva da una trasformazione linguistica (l'eq. 6.6) di una definizione ragionevole (l'eq. 6.4.2): l'eq. 6.9 deve significare qualcosa perché la matematica traduce i concetti in segni e, poi, pretende che i segni nuovi, prodotti dall'elaborazione sintattica dei segni vecchi, vengano tradotti in concetti nuovi. Per es., l'arco della fig. 6.5 potrebbe significare che i ricavi possono crescere (dall'estremità in basso a sinistra del grafico in poi) in presenza di una quantità negativa di prodotto ($-Q$ nel quadrante sinistro del grafico), cioè quando l'impresa vende un bene o un servizio *prima* di produrlo: una condizione riscontrabile in alcune strategie imprenditoriali corren-

ti, come la condizione di *overbooking* (ingl., ‘prenotazione eccessiva’) in cui possono trovarsi alcuni clienti delle compagnie aeree. Altrimenti la fig. 6.5 potrebbe significare che un’impresa può registrare ricavi nulli, se vende $(+Q)$ e *allo stesso* tempo ritira $(-Q)$ un certo prodotto dal mercato (per es., sostituendo i beni per difetti di produzione riscontrati tardivamente, come devono fare a volte alcune case automobilistiche), magari pagando un risarcimento $(-P)$ ai consumatori (del resto, il prodotto di due numeri negativi, come $-P$ e $-Q$, restituisce un numero positivo, R). Oppure, l’arco può rappresentare la condizione di chi *distrugge* quote di produzione $(-Q)$, pagando il lavoro necessario alla distruzione $(-P)$, per accedere a fondi (R) di sostegno (per es., certi produttori italiani di arance o di latte che incassano incentivi comunitari). Queste tre situazioni (l’*overbooking*, il ritiro del prodotto dal mercato e la distruzione del prodotto) rappresentano situazioni reali coerenti con la distribuzione teorica di stati descritta dall’eq. 6.11.6.

Ma la curva della fig. 6.5 può significare anche un principio più generale: ogni processo produttivo consente di registrare ricavi (nei quadranti positivi delle ordinate), che espongono le imprese anche a registrare costi irrecuperabili (in ingl., *sunk costs*) o politiche di distruzione della produzione, che si possono visualizzare nei quadranti negativi del grafico $(-R$ e $-Q)$. La teoria microeconomica classica, invece, analizza la scelta dell’imprenditore limitatamente al quadrante positivo del piano cartesiano (fig. 6.1), forse perché i limiti descrittivi della scienza economica dipendono da una logica epistemica viziata da una “cecità indotta dalle teorie” consolidate, come pensa Kahneman (2011/2018: 371), per es., quando gli economisti assumono la razionalità completa degli operatori che, invece, nella realtà seguono processi decisionali irrazionali.

L’approccio quantistico svela le antinomie implicite nei modelli analitici dei mercati e nei comportamenti pragmatici degli operatori economici; e le risolve considerandole caratteristiche naturali della realtà, anziché fallacie logiche, come invece fa la teoria classica, che semplicemente esclude dall’analisi le componenti inconciliabili con i criteri capitalisti, come la massimizzazione del profitto. Anzi, la consapevolezza delle antinomie implicite nella struttura dei modelli economici consente di individuare criteri controintuitivi di ottimizzazione dei risultati, diversi da quelli dominanti, ma non per questo meno razionali.

6.3. Teoria macroeconomica della moneta

La quantizzazione delle variabili consente di studiare i sistemi costituiti da una molteplicità di elementi, come i miliardi di atomi che costituiscono un granello di sabbia o i milioni di soggetti che interagiscono in un sistema economico nazionale o, ancora, i miliardi di unità monetarie scambiate tra vari operatori. In tali circostanze un approccio statistico consente di descrivere la possibilità che un evento avvenga all’interno di un insieme complesso di elementi, mentre sarebbe impossibile descrivere il comportamento specifico di ogni singolo elemento che costituisce quel sistema. La macroeconomia sembra particolarmente adatta a implementare la logica della meccanica quantistica perché la macroeconomia studia la complessità di sistemi economici costituiti da elementi potenzialmente non quantificabili, come tutte le imprese e tutti i consumatori che costituiscono un mercato.

$$[6.12] \quad \langle L|H \rangle = 1$$

Si può ipotizzare, per es., un sistema rappresentato dall’eq. 6.12 in cui un’autorità centrale emette una certa quantità di base monetaria $|H\rangle$ (per l’ingl. *high powered money*, ‘moneta ad alto potenziale’) che viene distribuita tutta (1 come 100%) agli operatori economici (i quanti del sistema) in uno stato finale di liquidità $\langle L|$. Lo stato di emissione monetaria iniziale $|H\rangle$ equivale a un *campo* in cui ogni agente economico è un *quanto* che sovrappone

tutti i possibili volumi discreti della quantità totale di moneta emessa (H): se, per es., $H = 2$, il campo $|H\rangle$ sovrappone per ogni agente economico i valori 0, 1, 2 (ipotizzando una moneta senza divisori centesimali). Invece, lo stato finale $\langle L|$ è una funzione d'onda come quelle rappresentate nei due esempi della fig. 6.6, che attualizzano una sola di tutte le possibilità sovrapposte nel campo (facendo collassare le altre). L'onda sinistra della fig. 6.6 esemplifica grossolanamente uno stato in cui la moneta viene distribuita a tutti gli operatori economici in funzione delle loro interazioni (i ricchi sulle creste e i poveri negli avvallamenti); mentre l'onda destra esemplifica una distribuzione iniqua (a chi troppo e a chi niente). Il membro *bra*, $\langle L|$, dell'eq. 6.12 è un *vettore riga* che elenca i coefficienti (l) di moneta (H) distribuiti agli operatori economici ($l_{11}, l_{12}, \dots, l_{1n}$), mentre il *ket*, $|H\rangle$, è un *vettore colonna* che elenca la quantità di base monetaria (H) destinabile in fase di emissione a ciascun operatore economico (sempre la stessa, se il sistema è equo nel suo stato iniziale: $H_{11} = H_{21} = \dots = H_{n1} = H$), cosicché il prodotto $\langle L|H\rangle$ restituisca la base monetaria totale (una distribuzione del 100% della base monetaria).

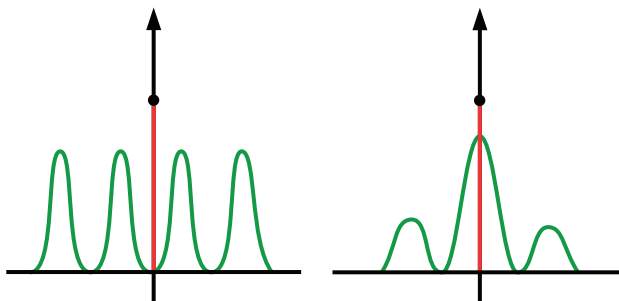


Fig. 6.6. Due distribuzioni alternative della base monetaria.

I due assi verticali dei due grafici nella fig. 6.6 misurano la quantità di moneta, mentre i due assi orizzontali elencano i vari operatori (gli altri quanti) del sistema economico: la retta verticale rossa che giace sui due assi delle ordinate rappresenta la distribuzione iniziale $|H\rangle$ (tutta la moneta in mano all'autorità emittente), mentre ciascuna delle due onde rappresenta una possibile distribuzione $\langle L|$ di quantitativi diversi di moneta tra gli operatori economici.

Le creste delle onde indicano i membri benestanti della collettività, che distribuiscono dotazioni di moneta agli altri, mentre gli avvallamenti delle onde indicano i membri della collettività che non ricevono moneta (i nullatenenti)¹¹. Per es., il picco della cresta maggiore (quella al centro) nel grafico destro della fig. 6.6 può rappresentare una quantità ingente di moneta rientrata nelle casse dell'autorità emittente (posizionata sull'asse delle ascisse all'intersezione con l'asse delle ordinate, dove giace la retta verticale della base monetaria emessa inizialmente); mentre l'autorità emittente si libera di tutta la base monetaria nell'es. sinistro della fig. 6.6 (l'autorità collocata al centro dell'asse delle ascisse registra $H = 0$ sull'asse delle ordinate).

La somma di tutti i valori massimi di ciascuna cresta dell'onda $\langle L|$ può superare il valore massimo dello stato iniziale $|H\rangle$ (la retta verticale), se le attività di scambio espandono la base monetaria secondo la teoria dominante del *moltiplicatore della moneta*: $M = mH$ significa che l'offerta di moneta (M) dipende dalle condizioni economiche (il moltiplicatore m)¹² che operano sulla base monetaria (H). Il valore della moneta offerta (M) deriva tanto dalla base monetaria (H) immessa nel sistema quanto dal moltiplicatore (m) che attribuisce a quella base un valore di scambio, dovuto alle operazioni concluse tramite la moneta

11 Si possono ipotizzare anche onde particolari: per es., una retta orizzontale potrebbe rappresentare un "comunismo" in cui ciascuno ottiene esattamente ciò che hanno gli altri; oppure onde con minimi sempre sopra allo zero, cioè sistemi senza nullatenenti.

stessa. Una quantità elevata di creste implica una quantità elevata di transazioni (come nell'es. sinistro della fig. 6.6), mentre una quantità scarsa di creste implica una scarsità di transazioni (come nell'es. destro della fig. 6.6).

Anche la teoria del *moltiplicatore keynesiano* (k)¹³ si adatta a questa interpretazione. La formula (semplificata) $\Delta Y = k\Delta I$ significa che gli investimenti incrementali (ΔI) effettuati dalle imprese determinano un incremento di reddito nazionale (ΔY) proporzionale al valore del moltiplicatore ($k = 1/1-c$ nella versione più semplice fornita al cap. 1). Il moltiplicatore è il reciproco di una serie di coefficienti, tra cui la *propensione marginale al consumo* ($c = \Delta C/\Delta Y$) che misura quanto aumentano i consumi (ΔC) quando aumenta il reddito disponibile (ΔY): un aumento della propensione marginale al consumo (c) accresce il valore del moltiplicatore (k), quindi dell'incremento di reddito (ΔY). Così la teoria economica dominante spiega perché lo stato iniziale della base monetaria $|H\rangle$ può tradursi in una distribuzione di liquidità $\langle L|$ maggiore rispetto allo stato iniziale ($L > H$), grazie alle transazioni effettuate in funzione della propensione marginale al consumo (c), che rappresenta una forma di velocità di circolazione della moneta.

La teoria quantistica degli stati distributivi (l'onda) riesce a sintetizzare i moltiplicatori (monetario e keynesiano) in un discorso complesso e spiega perché un accentramento della ricchezza nelle mani di pochi soggetti (come la cresta centrale nell'es. destro della fig. 6.6) rallenti il processo di valorizzazione della base monetaria o addirittura indebolisca un sistema macroeconomico, rispetto a uno stato distributivo più equo (come quello nell'es. sinistro della fig. 6.6): un numero maggiore di operazioni economiche incrementa la quantità totale delle creste, e la somma finale dei valori (massimi) di tutte quelle creste può superare la somma finale dei valori indicati da una quantità inferiore di creste (per es., un miliardo di microtransazioni, ciascuna da 1€, vale più di centomila transazioni da 5000€).

L'onda di probabilità che rappresenta lo stato finale $\langle L|$ può assumere conformazioni diverse in funzione di cosa accade tra il momento iniziale dell'emissione $|H\rangle$ e quello finale della distribuzione $\langle L|$.

$$[6.13] \quad \langle L|G+IH\rangle = \langle L|G\rangle\langle G|H\rangle + \langle L|I\rangle\langle I|H\rangle$$

L'eq. 6.13 (in cui ogni membro si legge da destra verso sinistra, come spiegato al cap. 4.6) descrive la fase distributiva come una sovrapposizione di stati in cui (coerentemente con la teoria economica dominante) le imprese e le famiglie (I) operano un tipo di distribuzione parallelamente al governo (G), che opera un altro tipo di distribuzione: la base monetaria passa dalla fase di emissione $|H\rangle$ all'insieme degli operatori privati (I) e a quello degli operatori pubblici (G), e questi due distribuiscono la liquidità $\langle L|$ a ogni membro (a ogni quanto) del sistema.

Si può capire meglio il significato – simbolico e pragmatico – veicolato dalla moneta, se si immagina un monarca (l'autorità centrale) che batte moneta, riconoscendo la credibilità di alcuni maggiorenti (alcuni quanti specifici del sistema) che lo hanno sostenuto

12 Il moltiplicatore della moneta $m = \frac{c(i_{db})+1}{d(i_{cr},s)+r+c(i_{db})}$ è un operatore frazionario composto da più variabili: il tasso (r) delle riserve obbligatorie che le banche locali devono trattenere presso la banca centrale; il tasso d'interesse sui crediti (i_{cr}) che la banca centrale paga alle banche locali per ricompensare le riserve volontarie; il tasso d'interesse sui depositi bancari (i_{db}) che le banche locali pagano ai correntisti per incentivare la riduzione del tasso di moneta circolante (c); il tasso di sconto (s) che la banca centrale pratica quando acquista i crediti in eccesso delle banche locali. Tutte queste variabili influenzano i movimenti della base monetaria (H) e determinano il valore di mercato della moneta nominale (M).

13 Il moltiplicatore keynesiano (k) somiglia al fattore moltiplicativo (anch'esso indicato comunemente con la lettera k) che misura l'efficienza di una reazione a catena nei processi di fissione nucleare: quante scissioni (con rilascio di energia) vengono innescate da ogni scissione precedente.

nell'ascesa al potere: perciò il monarca concede a ciascuno di essi un credito – consegnando loro la moneta battuta – proporzionale all'impegno che ciascun maggiorenne ha profuso per il monarca; e promette loro di supportarli in futuro quando ne avessero bisogno, su presentazione della moneta-segno, che rievoca il patto. I maggiorenti distribuiscono la moneta ad altri membri della collettività – che a loro volta fanno altrettanto con altri membri ancora – concludendo una serie di contratti garantiti dal trasferimento della moneta, che rappresenta la *parola* e la *forza* del monarca: la parte lesa da un inadempimento contrattuale potrà riconsegnare la moneta al monarca – *impegnatosi* al momento dell'emissione – affinché il monarca eserciti la sua forza per imporre l'esecuzione del contratto alla parte inadempiente; perché il monarca tutela chiunque rechi con sé la moneta-segno. Allora il monarca eserciterà il potere tramite le braccia di qualcuno (per es., un soldato) che, in cambio dell'esercizio della forza, riceverà dal monarca medesimo la moneta a garanzia di una protezione futura. La moneta così incorpora un valore basato sulla storia passata della collettività, sulle aspettative future degli individui, sul processo di significazione e sulla violenza (Graeber 2011; Rossi 2019).

$$[6.14] \quad \langle LIM \rangle \langle MG + IH \rangle = \langle LIM \rangle \langle MG \rangle \langle GH \rangle + \langle LIM \rangle \langle MI \rangle \langle IH \rangle$$

Gli scambi mediati dalla moneta distribuiscono lo stato di emissione della base monetaria $|H\rangle$ nello stato finale di liquidità $\langle L|$ (secondo l'eq. 6.12), passando per la distribuzione di uno stato intermedio di interazioni degli operatori privati e pubblici $(G+I)$ che “valorizza” la base monetaria (H) , determinando l'*offerta di moneta* (M) del sistema economico. L'eq. 6.14 rappresenta l'evoluzione del sistema che si definisce nello stato finale $\langle LIM \rangle$, per cui vale il primo principio della meccanica quantistica già visto con l'eq. 4.34:

$$[6.15] \quad \langle LIM \rangle = \langle ML \rangle^*$$

L'offerta di moneta (M) e la domanda di moneta (L) intessono un rapporto di coniugazione: l'analisi quantistica dei sistemi macroeconomici sostituisce il concetto classico di equilibrio tra domanda e offerta con l'idea di un *rapporto circolare di reciprocità*, per cui l'offerta di moneta $|M\rangle$ transita verso una distribuzione coerente con la domanda di liquidità $\langle L|$ (al membro sinistro dell'eq. 6.15) così come lo stato coniugato della domanda $|L\rangle^*$ transita verso la determinazione di uno stato coniugato dell'offerta $\langle M|^*$ (al membro destro). I due stati possono risolversi l'uno nell'altro: lo stato coniugato $|L\rangle^*$ della distribuzione finale $\langle L|$ può transitare ad uno stato di offerta $\langle M|^*$, cioè può diventare uno stato iniziale $|M\rangle$ di un nuovo ciclo economico. L'analisi quantistica fornita con l'eq. 6.15 descrive la moneta come un *flusso*, anziché come una grandezza fisica (uno *stock* o ‘giacenza’): la moneta creata e distrutta in un ciclo incessante di attività transattive, precauzionali e speculative, genera un flusso circolare il cui valore *fluttua* come un'onda, secondo l'eq. 6.13, tramite l'intermediazione delle banche (che creano e trasferiscono riserve contabili), proprio come suggeriva Schmitt (1972)¹⁴. Il reddito e il suo potere di acquisto deriverebbero proprio dal flusso dei pagamenti (per salari) intermediati dalla moneta: una collettività genera l'idea di un reddito grazie alla moneta quale *unico mezzo* (con potere di acquisto) capace di emancipare legittimamente gli individui dai vincoli delle regole (simmetriche) di reciprocità; infatti la moneta può non esistere nelle economie diverse da quella capitalista, come hanno dimostrato Mauss (1924a) e Graeber (2011). Il modello quantistico rileva una simmetria tra l'emissione della base monetaria (H) da parte di una banca centrale e l'emissione della moneta bancaria (M) da parte di ogni banca commerciale: l'eq. 6.12 rappresenta un fenomeno *qualsiasi* di emissione monetaria $|H\rangle$ (da parte di una banca centrale

14 Cfr. anche Cencini/Gnos/Rossi (2016).

o di una banca commerciale), che si traduce in una distribuzione $\langle L|$ tramite i flussi transattivi, speculativi e precauzionali descritti con le matrici $|L\rangle\langle L|$ commentate all'eq. 6.16.1.

Si ipotizzi l'es. di un sistema $\langle ML|\langle L|H\rangle$ in cui la base monetaria iniziale $|H\rangle$ venga distribuita in uno stato di liquidità $\langle L|$, che a sua volta transiti verso lo stato di offerta $\langle M|$ (che a sua volta potrebbe coniugarsi in uno stato $|M\rangle$) responsabile di una nuova distribuzione finale di liquidità $\langle L|$, e così via). Il confronto dello stato iniziale $|H\rangle$ con lo stato finale $\langle M|$ (oppure con tutti gli stati intermedi di una catena più lunga) consente in inferire quali eventi abbiano determinato il cambiamento misurato tra l'inizio e la fine dello sviluppo del sistema.

$$[6.16.1] \quad \langle ML|\langle L|H\rangle = [22 \quad 22 \quad 22] \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,3 \\ 0,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2 & 0,3 & 0,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 18 \\ 18 \\ 18 \end{bmatrix}$$

L'es. 6.16.1 esplicita il sistema $\langle ML|\langle L|H\rangle$ con la meccanica delle matrici perché gli stati *bra*, $\langle X|$, rappresentano *vettori riga* e gli stati *ket*, $|X\rangle$, rappresentano *vettori colonna*: ciascuno di essi elenca una serie di stati possibili sovrapposti. L'es. 6.16.1 rappresenta un sistema con tre soggetti che ricevono in dotazione la base monetaria $|H\rangle$ di valore nominale 18 (il vettore colonna all'estrema destra elenca tre volte il numero 18, indicando la disponibilità della stessa base per ciascuno dei tre agenti): un soggetto riceve il 20% della base monetaria, un altro soggetto ne riceve il 30% e il terzo soggetto ne riceve il 50% (il vettore riga elenca i tre coefficienti rispettivi per ciascuno dei tre agenti). Quindi la distribuzione $\langle L|$ si coniuga nello stato $|L\rangle$ (il vettore riga diventa un vettore colonna), che a sua volta si risolve nell'offerta di moneta $\langle M|$ di valore nominale 22 (il vettore riga dello stato finale indica che l'offerta nominale 22 è disponibile per ciascuno dei tre agenti del sistema).

L'es. 6.16.1 si può riscrivere come un sistema $\langle ML|\langle L|H\rangle = \langle M|L|H\rangle$, evidenziando al membro destro l'operatore L , che è una matrice risultante dal prodotto $|L\rangle\langle L|$ al membro sinistro dell'eq. 6.16.1 (vettore colonna per vettore riga). Perciò l'es. 6.16.1 si può riscrivere:

$$[6.16.2] \quad \langle M|L|H\rangle = [22 \quad 22 \quad 22] \begin{bmatrix} 0,04 & 0,06 & 0,10 \\ 0,06 & 0,09 & 0,15 \\ 0,10 & 0,15 & 0,25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 18 \\ 18 \\ 18 \end{bmatrix}$$

La matrice al membro destro dell'es. 6.16.2 rappresenta l'operatore (L) del membro sinistro e descrive la circolazione della moneta tra i tre agenti del sistema (rappresentati nelle relative righe e colonne della matrice) come una distribuzione statistica delle loro interazioni. Il 4% della moneta presente nel sistema stagna nelle mani del primo agente ($0,2 \times 0,2 = 0,04$), ma il 6% della moneta circola tra il primo e il secondo agente ($0,2 \times 0,3 = 0,06$) e il 10% circola tra il primo e il terzo agente ($0,2 \times 0,5 = 0,10$). Altrettanto dicasi per le altre quote, come il 9% della moneta trattenuto dal secondo agente e il 15% scambiato tra il secondo e il terzo agente o il 25% trattenuto dal terzo agente.

I prodotti dell'es. 6.16.2 restituiscono un vettore riga di tre elementi¹⁵ (uno per ciascun agente) per lo stato finale $\langle M|L\rangle$ dell'es. 6.16.1, e un vettore colonna¹⁶ per lo stato iniziale $\langle L|H\rangle$ dell'es. 6.16.1:

15 Il primo agente ottiene $22 \times 0,04 + 22 \times 0,06 + 22 \times 0,10 = 4,4$; il secondo agente ottiene $22 \times 0,06 + 22 \times 0,09 + 22 \times 0,15 = 6,6$; il terzo agente ottiene $22 \times 0,10 + 22 \times 0,15 + 22 \times 0,25 = 11$.

16 Il primo agente ottiene $0,04 \times 18 + 0,06 \times 18 + 0,10 \times 18 = 3,6$; il secondo agente ottiene $0,06 \times 18 + 0,09 \times 18 + 0,15 \times 18 = 5,4$; il terzo agente ottiene $0,10 \times 18 + 0,15 \times 18 + 0,25 \times 18 = 9$.

$$[6.17.1] \quad \langle ML = [4,4 \quad 6,6 \quad 11]$$

$$[6.17.2] \quad LH = \begin{bmatrix} 3,6 \\ 5,4 \\ 9 \end{bmatrix}$$

La somma dei valori di ciascun vettore restituisce la distribuzione totale: $4,4+6,6+11 = 22$ per lo stato $\langle M|$ e $3,6+5,4+9 = 18$ per lo stato $|H\rangle$. Le differenze tra gli stati finali di ciascun agente (nel vettore riga 6.17.1) e quelli iniziali (nel vettore colonna 6.17.2) descrivono il processo di creazione del valore monetario nominale coerenti con lo sviluppo del sistema: il primo agente opera scambi economici per $0,8 = 4,4-3,6$; il secondo agente crea valore per $1,2 = 6,6-5,4$; l'ultimo agente movimentata un valore di $2 = 11-9$. La somma dei valori transattivi di tutti gli agenti ($0,8+1,2+2 = 4$) restituisce la differenza tra lo stato iniziale $|H\rangle$ e lo stato finale $\langle M|$ ($22-18 = 4$), cosicché $0,8+1,2+2 = 22-18$. L'analisi quantitativa fornisce così una spiegazione di come le attività economiche occorse tra due momenti storici diversi possano produrre valore (o distruggerlo, se lo stato finale individua un valore inferiore rispetto allo stato iniziale).

Lo stato $\langle M|$ dell'es. 6.16.2 potrebbe coniugarsi in uno stato $|M\rangle$ (vettore colonna) destinato a transitare in un'altra distribuzione $\langle L|$ (vettore riga) e così via, descrivendo più cicli economici.

Una distribuzione $\langle L|$ diversa da quella ipotizzata nell'es. 6.16.1 restituirebbe un vettore di stato $\langle M|$ diverso da quello dell'es. 6.17.1, pur preservando lo stesso incremento di valore monetario ($4 = 22-18$). Per es., una distribuzione $\langle L|$ palesemente iniqua come $[0,1 \quad 0,1 \quad 0,8]$ restituirebbe uno stato finale $\langle ML = [2,2 \quad 2,2 \quad 17,6]$ (di valore 22, come nell'es. 6.16.2).

Un confronto tra lo stato finale $\langle ML$ iniquo e quello $\langle ML$ più equo (a parità di valore nominale: 22) dimostra come la polarizzazione della ricchezza (l'80% nelle mani del terzo agente) freni la variazione del valore monetario, come già osservato commentando la fig. 6.6. Per es., una nuova distribuzione arbitraria $\langle L| = [0,3 \quad 0,4 \quad 0,3]$ attribuirebbe allo stato $\langle ML$ iniquo un valore complessivo ($6,82 = 0,3 \times 2,2 + 0,4 \times 2,2 + 0,3 \times 17,6$) inferiore a quello che la stessa distribuzione $\langle L| = [0,3 \quad 0,4 \quad 0,3]$ attribuirebbe allo stato $\langle ML$ più equo ($7,26 = 0,3 \times 4,4 + 0,4 \times 6,6 + 0,3 \times 11$).

L'es. 6.16.2 evidenzia la matrice L come un operatore della funzione $\langle ML|H\rangle$: la matrice L altera la transizione dallo stato $|H\rangle$ (l'emissione della base monetaria) allo stato $\langle M|$ (l'offerta di moneta). L'eq. 6.14, allo stesso modo, evidenzia la matrice $G+I$ come operatore algebrico generale della transizione tra lo stato iniziale $|H\rangle$ (l'emissione della base monetaria) e lo stato finale $\langle L|$ (la distribuzione della moneta alla collettività), passando per lo stato $|M\rangle\langle M|$ (al membro sinistro dell'eq. 6.14), che è un'altra matrice (M); perciò il membro sinistro dell'eq. 6.14 si può scrivere anche: $\langle L|M|G+I|H\rangle$.

La matrice $G+I$ (l'operatore al membro sinistro dell'eq. 6.14) descrive le operazioni economiche eseguite nel settore pubblico (G) e in quello privato (I), ed è responsabile tanto dello stato intermedio $|M\rangle\langle M|$ (l'operatore M al membro sinistro dell'eq. 6.14) quanto dello stato finale $\langle L|$, che descrive la distribuzione della moneta. La politica economica può programmare interventi orientati a definire una matrice G che distribuisca equamente la moneta tra i membri della collettività, per massimizzare il valore di scambio della moneta, che dipende dalla frequenza degli scambi, dalle condizioni di accesso ai mercati e dalle condizioni di efficienza dei mercati.

D'altro canto, la distribuzione $\langle L|$ individua un vettore di impieghi della moneta che dipende dalla teoria dei mercati microeconomici già esposta al cap. 6.2: più gli operatori sul fronte dell'offerta accettano di conseguire extraprofiti sub-ottimali, ma non inefficienti (indicati dal vettore $|E\rangle$ che dipende dal vettore $|B\rangle$), più gli operatori sul fronte della do-

manda sono incentivati a impiegare la moneta in transazioni alternative, definendo matrici di densità come $|L\rangle\langle L|$ che espandono il valore dello stato finale $\langle M|$. Il benessere eccedente (l'extraprofitto), escluso dagli operatori sul fronte dell'offerta microeconomica di un mercato particolare, è distribuito agli operatori di quel mercato sul fronte della domanda microeconomica, quindi è ridistribuito agli altri operatori del sistema sul fronte dell'offerta microeconomica di altri mercati, con incremento macroeconomico del benessere.

L'analisi macroeconomica quantistica è molto simile all'analisi fisica quantistica: consente di descrivere come si distribuisce la ricchezza tra i membri di una popolazione, rievocando la descrizione di come individuare una particella in una porzione di spazio. Entrambe le descrizioni non possono stabilire *chi* avrà *quanta* moneta e *dove* si troverà *una certa* particella, ma possono descriverne le condizioni di ricerca e le probabilità di ritrovamento della particella, come anche le condizioni di distribuzione della moneta. Condizioni distributive diverse risultano in valori monetari diversi: possono creare benessere o malessere, seguendo la regola secondo cui il benessere della collettività corrisponde a distribuzioni eque, mentre distribuzioni inique (cioè di benessere individuale a scapito di quello altrui) conducono a stati di malessere collettivo. Schmitt (1972: 148) forse intendeva qualcosa di simile quando scriveva che la spesa (la moneta che transita dalle famiglie alle imprese) sostenuta dai salari (la moneta che è transitata dalle imprese alle famiglie) non può acquistare tutti i beni e servizi prodotti (dalle imprese) e che, ciononostante, la spesa delle famiglie genera gli extraprofiti delle imprese (secondo il principio del costo pieno, già commentato con l'eq. 6.9.3).

Le descrizioni fornite con le eq.ni 6.12-6.17.2 sostituiscono di fatto il concetto classico di *equilibrio* del mercato (della moneta) col concetto di *distribuzione statistica* (della moneta) perché, di fatto, il raggiungimento di un equilibrio tra la quantità domandata e quella offerta è impossibile: il rapporto tra domanda e offerta è sempre instabile all'interno di un sistema economico sempre in movimento, in cui il moto (delle transazioni) modifica continuamente le posizioni relativistiche (degli stati) dei suoi componenti; chi domanda moneta su un fronte offre la stessa moneta su un altro fronte. Il concetto di *onda* rende bene l'idea di una grandezza che cambia continuamente assetto, come la moneta che passa continuamente di mano all'interno del sistema economico: appena la si vorrebbe definire come "domanda" essa si comporta come "offerta"; è distribuita a qualcuno che vuole utilizzarla (che la "domanda"), ma che perciò la ridefinisce ("offerta"), determinando un nuovo stato distributivo (ancora "domanda") per qualcun altro, e così via. Il ciclo di alternanza duale prosegue senza soluzione di continuità; gli stati di una serie di transizioni monetarie, come $\langle M|L\rangle\langle L|M\rangle\langle ML\rangle\langle LH\rangle$, si verificano in frazioni di secondo nella realtà quotidiana (per es., nei mercati finanziari); cosicché ogni distribuzione si avvicenda ad ogni emissione in un *continuum* che ribadisce la complementarità duale degli stati: $\langle LM\rangle = \langle ML\rangle^*$ (l'eq. 6.15 rievoca la complementarità dei poli *yin* e *yang* del *tàijítú*). Un equilibrio statico è impossibile perché le fasi di distribuzione e di emissione sono incessanti: la frequenza dell'onda cambia continuamente.

Il rapporto classico che l'offerta e la domanda intrattengono col prezzo non indica lo stato pragmatico di un mercato; invece lo indicano altre due grandezze: la distribuzione della moneta agli operatori (cioè quanta moneta viene allocata a quali operatori in un certo momento) e la frequenza degli scambi (cioè quanta moneta viene ri-allocata a quali operatori). Questi due dati definiscono la *forma* dell'onda, cioè il valore complessivo che ha la moneta in quel sistema. Il reddito nazionale dipenderebbe tanto dalla produzione di beni e servizi – se i servizi includono anche la concessione dei crediti e l'estinzione dei debiti – quanto dalla circolazione della moneta tra gli agenti che la detengono.

Strictly speaking, when workers are paid in money units they obtain the goods they produced and immediately lend these goods to firms. These goods are, as Schmitt put it, the real 'content' of money wages. Nominal money and the goods produced form together, in

the same flow, the income (real money) or purchasing power granted to workers who, literally, spend it on the purchase of bank deposits, thereby lending the goods produced to firms through the intermediation of banks. In a second step, later on, workers draw on their deposits in order to buy goods and services on product markets. In that step, banks issue again a number of nominal money units and thereby re-create workers' income to finance the purchase of current output. In the interval of time between the formation of income and its final expenditure on real goods and services, income is transformed into financial assets¹⁷ (Cencini/Gnos/Rossi 2016: 68).

Il flusso circolare del reddito monetario si può visualizzare come una serie di matrici che si avvicinano nel corso del tempo oppure come una singola matrice le cui celle mutano di valore col trascorrere del tempo (senza contare che la grandezza della matrice stessa muta col passare del tempo in funzione degli agenti che entrano ed escono dal mercato). Un sistema analitico-contabile di matrici dinamiche semplificherebbe addirittura il sistema a partita tripla (anziché doppia) suggerito da Schmitt (1984)¹⁸. Le matrici registrano i *trasferimenti* monetari nominali, effettuati indifferentemente dal movente (transattivo, precauzionale o speculativo), perché tanto gli acquisti quanto gli accantonamenti o i pagamenti di interessi si realizzano con trasferimenti monetari tra soggetti diversi; e la mappa dei trasferimenti rappresenta la distribuzione della moneta tra i membri della collettività. La traccia del flusso dei trasferimenti (L) identifica il valore che la moneta (M) vanta in funzione della base monetaria nominale (H).

		CREDITI		
		A	B	C
DEBITI	A	6	3	3
	B	2	6	2
	C	0	0	6

Tab. 6.2. *Es. di matrice contabile in stato distributivo iniziale.*

La matrice nella tab. 6.2 rappresenta un sistema economico con base monetaria ($H = 18$) distribuita equamente tra gli unici tre agenti (A, B, C) che compongono il sistema, cioè ciascuno di loro detenga la liquidità ($L = 6 = \frac{18}{3} = \frac{H}{N}$) indicata in grassetto nella cella corrispondente al rapporto debiti/crediti che ciascuno intrattiene con se stesso. Le altre caselle della matrice indicano la distribuzione di ciascuna dotazione individuale verso gli altri agenti: i valori a destra e a sinistra delle dotazioni iniziali si sottraggono dalle dota-

17 Trad. mia dall'ingl.: "In senso stretto, quando i lavoratori vengono pagati in unità di moneta, ottengono i beni che hanno prodotto e immediatamente li concedono alle imprese. Questi beni sono, secondo Schmitt, il 'contenuto' reale dei salari monetari. La moneta nominale e i beni prodotti formano insieme, nello stesso flusso, il reddito (moneta reale) o il potere d'acquisto assegnato ai lavoratori che, letteralmente, lo spendono nell'acquisto di depositi bancari, e così forniscono i beni prodotti alle imprese tramite l'intermediazione delle banche. In un secondo momento, successivo, i lavoratori ritirano i loro depositi per comprare beni e servizi nei mercati produttivi. In questa fase, le banche forniscono ancora un numero di unità di moneta nominale e così ri-creano le entrate dei lavoratori per finanziare l'acquisto della produzione corrente. Nell'intervallo di tempo tra la formazione delle entrate e della spesa finale in beni reali e servizi, il reddito è trasformato in cespiti finanziari".

18 Secondo Cencini/Gnos/Rossi (2016: 70) le banche dovrebbero registrare una contabilità composta da tre voci: (1) emissione di moneta (prestiti concessi dalle banche); (2) intermediazioni finanziarie (trasferimenti mediati dalle banche); (3) profitti per accumulazione di capitale (extraprofiti registrati dalle imprese nei propri conti bancari). La distinzione tra le voci 1 e 2 impedirebbe le bolle speculative e le crisi finanziarie, basate sulla confusione tra moneta (2) e credito (1), di cui le banche approfittano. La distinzione tra le voci 1 e 3 vincolerebbe le banche a prestare (1) solo la moneta coerente con la produzione reale (2), confinando gli extraprofiti (3) alla disponibilità delle imprese, affinché le imprese avvino processi produttivi indipendenti dai prestiti bancari (1).

zioni iniziali, mentre i valori sopra e sotto le dotazioni iniziali si sommano a esse. L'agente A paga $3L$ all'agente B e $3L$ all'agente C, ma riceve $2L$ dall'agente B, che a sua volta paga $2L$ anche all'agente C. Il risultato finale delle transazioni ($2_A = 6-3-3+2$; $5_B = 6-2-2+3$; $11_C = 6+3+2$) è registrato nella matrice della tab. 6.3.

		CREDITI		
		A	B	C
DEBITI	A	2	1	1
	B	2	5	2
	C	0	0	11

Tab. 6.3. Evoluzione della matrice rappresentata nell'es. della tab. 6.2.

La somma delle dotazioni individuali registrate dalla tab. 6.3 restituisce lo stesso valore di base monetaria iniziale ($H = 18 = 2_A + 5_B + 11_C$ lungo la diagonale), ma la matrice rappresenta una distribuzione iniqua della liquidità perché l'agente C detiene il 61% della base monetaria ($^{11}/_{18} = 0,61_C$), mentre A detiene solo l'11% di essa ($^2/_{18} = 0,11_A$). L'agente A si è impoverito del 67% ca. ($-0,67_A \approx ^{(2-6)}/_6$), l'agente B si è impoverito del 17% ca. ($-0,17_B \approx ^{(5-6)}/_6$) e l'agente C si è arricchito dell'83% ca. ($0,83_C \approx ^{(11-6)}/_6$). I tassi individuali di variazione della ricchezza (\dot{R}_i)¹⁹ si calcolano con l'eq. 6.18:

$$[6.18] \quad \dot{R} = \frac{R_1 - R_0}{R_0}$$

Il sistema economico tende all'impoverimento, se le transazioni continuano a distribuire iniquamente la moneta, benché la base monetaria rimanga costante ($H = 18$), come indicano le celle "operative" della tab. 6.3 (l'agente A paga $1L$ a C, che incassa $2L$ anche da B, che paga $2L$ ad A), perché gli agenti esclusi dalla distribuzione della ricchezza avranno meno possibilità di spendere la moneta in usi alternativi.

		CREDITI		
		A	B	C
DEBITI	A	2	0	0
	B	0	2	0
	C	0	0	14

Tab. 6.4. Evoluzione della matrice rappresentata nell'es. della tab. 6.3.

La tab. 6.4 (in cui i trasferimenti si arrestano, come indicano gli zeri nelle sei celle transattive) individua la stessa base monetaria iniziale ($H = 18 = 2_A + 2_B + 14_C$ lungo la diagonale), ma una distribuzione (L) ancora più iniqua di quella precedente: l'agente A continua a detenere l'11% della base monetaria (calcolato secondo l'eq. 6.18), senza essersi impoverito o arricchito ($0_A = ^{(2-2)}/_2$); C continua ad arricchirsi ($0,27_C \approx ^{(14-11)}/_{11}$); ma B si impoverisce del 60% ($-0,6_B = ^{(2-5)}/_5$).

¹⁹ In questo caso la lettera i posta al pedice – anziché un numero complesso – è un indice che sta per un operatore economico specifico (A, B o C nell'es. proposto). Invece, il punto posto sopra la variabile (\dot{R}) indica convenzionalmente una variazione percentuale.

$$[6.19] \quad \Omega = \sum_a^n \dot{R}_a$$

L'eq. 6.19 specifica che la sommatoria (Σ) di tutte le variazioni individuali di ricchezza (\dot{R}_i) indica l'andamento generale del sistema economico (Ω): nell'es. della tab. 6.4 l'intero sistema si è impoverito del 33% ($-0,33\Omega = 0_A - 0,6_B + 0,27_C$). Il sistema, invece, avrebbe potuto arricchirsi (cioè la moneta avrebbe potuto produrre valore, circolando), se l'agente C avesse pagato anche solo 1L all'agente A e 1L all'agente B nella tab. 6.3.

		CREDITI		
		A	B	C
DEBITI	A	3	0	0
	B	0	3	0
	C	0	0	12

Tab. 6.5. Evoluzione alternativa della matrice rappresentata nell'es. della tab. 6.3.

Lo stato distributivo della tab 6.5 (alternativa alla 6.4) consente di calcolare con l'eq. 6.18: un arricchimento del 50% per l'agente A ($0,5_A = {}^{(3-2)}/_2$); un impoverimento del 40% per l'agente B ($-0,4_B = {}^{(3-5)}/_5$); un arricchimento del 9% per l'agente C ($0,09_C = {}^{(12-11)}/_{11}$). In tal caso si avrebbe un arricchimento del 19% ($0,19 = 0,5 - 0,4 + 0,09$) per l'intero sistema secondo l'eq. 6.19.

$$[6.20] \quad M_\Omega = H + \Omega H$$

L'eq. 6.20 calcola l'offerta di moneta conseguente al ciclo di transazioni registrate nella matrice contabile: l'impatto di espansione o contrazione che la variazione del sistema ($\pm\Omega$) ha sulla base monetaria (H). Nell'es. della tab. 6.4, la base monetaria iniziale ($H = 18$) si contrae in un'offerta di moneta ridotta ($M_\Omega = 12,06 = 18 - 5,94 = 18 - 0,33 \times 18$), mentre si espande ($M_\Omega = 21,42 = 18 + 3,42 = 18 + 0,19 \times 18$) nella tab. 6.5.

Le distribuzioni di liquidità (per es., $\langle L \rangle = [0,16 \quad 0,16 \quad 0,66]$ in riferimento alla tab. 6.5) si evolvono in stati $|L\rangle\langle L|$ (come la matrice L dell'es. 6.16.2) che definiscono i rapporti di forza tra gli agenti del sistema economico. Anche le distribuzioni operative (per es., $0,5, -0,4, 0,09$ per la tab. 6.5) possono definire allo stesso modo i rapporti economici tra gli agenti del sistema.

Una matrice contabile si può descrivere anche in termini percentuali: per es., tutti i valori 6 della tab. 6.2 si possono sostituire con $0,33 \approx {}^6/_{18}$ (l'approssimazione per difetto dipende dal numero periodico che risulta dalla divisione); tutti i valori 3 si possono sostituire con $0,16 \approx {}^3/_{18}$; mentre i valori 2 si possono sostituire con $0,11 \approx {}^2/_{18}$. Le sottrazioni e le addizioni, operate orizzontalmente e verticalmente rispetto alla distribuzione iniziale (ca. 0,33), restituiscono il vettore distributivo $\langle L \rangle = [0,11 \quad 0,28 \quad 0,61]$, che descrive la distribuzione registrata nelle celle in grassetto della tab. 6.3; che a sua volta risulta dal prodotto (vettore riga per vettore colonna) dello stato $\langle L|H \rangle = 2_A + 5_B + 11_C = 18$ in cui la base monetaria iniziale ($H = 18$) viene distribuita agli agenti in ragione delle tre quote percentuali.

Gli economisti hanno l'abitudine di misurare la competitività di un Paese facendo riferimento al reddito *pro capite* (Y/N), cioè il reddito complessivo (Y) detenuto *mediamente* da ognuno degli abitanti (N): il reddito nominale complessivo non consente di confrontare due sistemi macroeconomici diversi perché, per es., il Paese A può vantare un reddito nominale superiore a quello del Paese B, ma il Paese A può vantare una popolazione numericamente superiore a quella del Paese B, cosicché il reddito *pro capite* (il rapporto Y/N) del

Paese B risulti superiore a quello del Paese A. Ma questa comparazione può distorcere la valutazione delle capacità di crescita di un sistema economico perché è una misurazione media: sostenere che ciascun abitante di un Paese detiene la frazione Y/N del reddito può rivelarsi falso – e si rivela facilmente falso – quanto la famosa “statistica” di Trilussa²⁰. Una distribuzione come la $\langle LH \rangle$ discussa prima, invece, può fornire informazioni più precise circa le potenzialità di un sistema economico perché definisce stati espansi o contratti in relazione a una medesima base monetaria o a un medesimo reddito nazionale: due distribuzioni diverse della stessa base monetaria definiscono condizioni di crescita diverse. Per es., la distribuzione $\langle LH \rangle = 1_A + 3_B + 14_C = 18$ esprime un potenziale di crescita inferiore rispetto alla distribuzione $\langle LH \rangle = 6_A + 7_B + 5_C = 18$, benché i due sistemi misurino lo stesso reddito *pro capite* ($18/3 = 6$); il primo sistema è prossimo alla stasi (perché i due agenti con dotazioni scarse dovranno interrompere gli scambi dopo aver esaurito il proprio reddito), mentre il secondo sistema consente di impiegare il reddito in un numero maggiore di transazioni. L’agente più ricco, nel primo caso, ha il potere – e forse il dovere, se veramente l’empatia caratterizza la nostra evoluzione, come sostiene Jeremy Rifkin (2010) – di decidere come redistribuire la propria ricchezza, mentre nel secondo caso ciascun agente è libero di autodeterminarsi e di scambiare con gli altri.

Le possibilità distributive però non sono infinite perché la moneta quantizza la ricchezza (la moneta è l’unità minimale della ricchezza) e gli individui quantizzano la popolazione (l’individuo è l’unità minimale della popolazione): perciò i due quanti – discreti – contano distribuzioni limitate (discrete) delle loro combinazioni reciproche. Una stessa base monetaria (per es., $H = 18$) si può distribuire tra un certo numero di agenti (per es., $N = 3$) nei limiti indicati dalla formula derivata da Jakob Bernoulli (1713) per calcolare il numero (D) di *combinazioni con ripetizioni*:

$$[6.21] \quad D = \frac{(H+N-1)!}{H!(N-1)!}$$

L’eq. 6.21 calcola $20! / 18!2! = 190$ distribuzioni possibili²¹ per l’es. proposto poc’anzi, di cui la distribuzione $\langle LH \rangle = 6_A + 6_B + 6_C$, coerente col calcolo del reddito *pro capite* ($18/3 = 6$) e coerente con la distribuzione più equa possibile (un’onda a forma di linea retta parallela all’asse delle ascisse), è anche la distribuzione meno probabile di tutte (esiste una sola possibilità su 190 che la base monetaria si distribuisca in modo perfettamente equo); e anche la distribuzione più iniqua (tutta la ricchezza nelle mani di uno solo dei tre agenti) risulta poco probabile (esistono tre sole possibilità su 190: tutto all’agente A o tutto a B o tutto a C). Invece, un’altra distribuzione, poco meno iniqua, risulta più probabile di quelle appena descritte: esistono 15 combinazioni diverse su 190 che si verifichi la *distribuzione 80-20*, detta anche *principio di Pareto*²², secondo cui l’80% della ricchezza sarebbe distribuito nel-

20 “Sai ched’è la statistica? È ’na cosa / che serve pe fa’ un conto in generale / de la gente che nasce, che sta male, / che more, che va in carcere e che spósa. / Ma pe’ me la statistica curiosa / è dove c’entra la percentuale, pe’ via che, lì, la media è sempre eguale / puro co’ la persona bisognosa. / Me spiego: da li conti che se fanno / seconno le statistiche d’adesso / risurta che te tocca un pollo all’anno: / e, se nun entra nelle spese tue, t’entra ne la statistica lo stesso / perché c’è un antro che ne magna due”.

21 I numeri marcati col punto esclamativo ($n!$) si dicono *fattoriali* e si calcolano come progressioni di moltiplicazioni: $n! = n \times (n-1) \times \dots \times 2 \times 1$ (perciò $2! = 2 \times 1 = 2$, mentre $18! = 18 \times 17 \times \dots \times 2 \times 1$ restituisce un numero con 16 zeri). I valori dei numeri fattoriali crescono rapidamente, perciò il calcolo dell’eq. 6.18 si può semplificare riducendo le moltiplicazioni al numeratore (da $N+H-1$ a $H+1$) e al denominatore (escludendo $H!$): $20! / 18!2! = 190$.

22 Vilfredo Pareto (1897) fu il primo a rilevare empiricamente questa distribuzione iniqua della ricchezza; e Joseph M. Juran (1951) rilevò che la distribuzione è valida in molte altre circostanze, come la correlazione tra cause (20%) ed effetti (80%) di un fenomeno naturale o tra acquirenti (20%) e ricavi (80%) di un’impresa.

le mani del 20% della popolazione²³. Anche altre distribuzioni inique (per es., il 70% della ricchezza nelle mani di un solo agente e il resto redistribuito variamente tra gli altri agenti) restituiscono probabilità di manifestarsi abbastanza elevate. Le distribuzioni disordinate, che allocano la quantità media ($\langle H \rangle_N = 6 = 18/3$ nell'es. proposto) nelle mani di un solo agente – distribuendo la differenza ($12 = 18 - 6$) tra gli altri agenti in modalità più o meno eque – risultano all'incirca equiprobabili rispetto alle distribuzioni ordinate.

La tendenza al divario economico, tipica dei sistemi capitalistici, sembra confutare la legge dell'entropia, secondo cui le particelle e le molecole in natura tendono a organizzarsi in stati disordinati (per es., $\langle LH \rangle = 6_A + 7_B + 5_C$ in termini monetari), anziché ordinati (per es., $\langle LH \rangle = 0_A + 0_B + 18_C$ o anche $\langle LH \rangle = 2_A + 2_B + 14_C$, che rappresenta la distribuzione paretiana 80-20). Anzi, l'equità economica perfetta (il disordine molecolare) e l'iniquità perfetta (l'ordine) tendono a coincidere ($1/190 \approx 3/190$ negli esempi precedenti). La differenza tra i due campi epistemologici della fisica e dell'economia dipende proprio da come è strutturato il calcolo matematico delle distribuzioni quantistiche, cioè dipende dalla logica analitica dei fenomeni (naturali, da una parte, e culturali, dall'altra): la fisica considera ogni particella alla stregua di un individuo a sé (perché il comportamento di ogni particella produce effetti specifici nel sistema), mentre ogni moneta è equivalente alle altre (perché un agente detiene una certa quantità di moneta indipendentemente da quali unità specifiche costituiscano quel valore nominale). L'entropia relativa alla distribuzione della moneta nello spazio sociale è completamente diversa dall'entropia relativa alla distribuzione delle particelle nello spazio naturale perché i sistemi sono strutturati *logicamente* in modo diverso, benché entrambe le distribuzioni dipendano dagli effetti del caso. La logica analitica (soggettiva) definisce lo stato (oggettivo).

Gli economisti pensano abitualmente alla composizione del reddito come a un sistema deterministico (per es., le politiche monetarie determinerebbero l'equilibrio nei mercati): le equazioni lineari che definiscono le grandezze macroeconomiche sono deterministiche per definizione (per es., $Y = C + I + G - T + X - M$ significa che una variazione di qualche variabile al membro destro consente di variare proporzionalmente il reddito, Y , al membro sinistro). Ma la distribuzione della moneta dipende anche dal caso, come hanno acclarato vari analisti dei mercati finanziari, da Chesney/Scott (1989) a Biondo/Pluchino/Rapisarda (2014); e altrettanto si può dire della distribuzione del reddito nazionale: basti pensare a quante “variabili nascoste” (come, a puro titolo esemplificativo e non esaustivo, i pagamenti sommersi, l'evasione fiscale e i crediti inesigibili) contribuiscano a determinare il reddito (Y), distorcendo il ruolo delle variabili esplicite (C, I, G, T, X, M). E si pensi a come la nascita di individui nuovi incrementi l'iniquità del sistema, espandendo le possibilità combinatorie calcolate dall'eq. 6.21 (i 190 casi possibili dell'es. precedente salirebbero a 1330, se si contassero 4 individui anziché 3) ed espandendo conseguentemente le probabilità favorevoli alle distribuzioni inique.

I sistemi informatici odierni potrebbero tracciare abbastanza facilmente le matrici di scambio per l'analisi quantistica di un sistema economico: le banche potrebbero farlo come già le piattaforme di Internet registrano e analizzano i *big data*. Anzi, il Congresso statunitense ha manifestato la propria preoccupazione in tema di tutela della riservatezza dei dati personali, appena Facebook ha proposto di creare una moneta elettronica propria²⁴: *Libra* (lat., ‘misura di peso’, ‘bilancia’, ‘contrappeso’, ‘equilibrio’, da cui derivava anche il nome della vecchia moneta italiana, la *Lira*). L'idea che il controllo della distribuzione monetaria possa centralizzarsi nelle mani di organismi privati spaventa comprensibilmente le istituzioni pubbliche, che perciò possono pretendere la produzione e l'applicazio-

23 L'Oxfam (2019) attesta un divario tra ricchi e poveri ancora più lacerante: i 26 individui più ricchi del mondo possiedono tanta ricchezza quanta ne posseggono complessivamente 3,8 miliardi di persone. Thomas Piketty (2013) ha rilevato che ai primi del Novecento in Europa il 10% della popolazione deteneva il 90% del patrimonio nazionale e l'1% della popolazione ne deteneva il 50%.

24 Cfr. la notizia in www.bbc.com/news/technology-48688359.

ne di regolamentazioni specifiche, tramite cui contenere il caso, da una parte, e l'arbitrio, dall'altra.

La tendenza della moneta a distribuirsi iniquamente è nota da secoli (benché gli economisti *mainstream* la ritengano perfettamente determinabile), come dimostrano le leggi promulgate proprio per ridistribuire equamente le ricchezze accumulate in segmenti specifici della società: per es., quelle rivoluzionarie francesi (del 15.03.1790 e del 07.03.1793) con cui l'Assemblea Costituente ordinò la successione delle proprietà in parti uguali tra tutti i chiamati all'eredità, in modo da frammentare i cespiti nobiliari e il relativo potere (economico e politico) che li seguiva, come hanno ricordato Giorgio Ricchi (1807: 18-24) e Zweigert/Kötz (1984/1998: 101-102); o, per es., la legge biblica che imponeva la cancellazione dei debiti ogni sette anni (Deu. 15: 1-2), già praticata a Babilonia (Hudson 2002; Graeber 2011) e rinnovata anche oggi dall'istituto giuridico dell'esdebitazione (L. 3/2012, art. 14 *terdecies*; D.M. 202/2014), che concede la "liberazione dei debiti residui nei confronti dei creditori concorsuali non soddisfatti".

L'eq. 6.21 indica che la ricerca di distribuzioni reddituali eque coinvolge i due quanti del sistema: le persone (N) e la base monetaria (H); cosicché alcuni rapporti quantitativi tra moneta e persone favoriscono l'equità, a fronte di altri rapporti quantitativi che, invece, la ostacolano. Per es., 6 unità di moneta ($H = 6$) si possono distribuire tra 3 persone ($N = 3$, gli individui A, B, C) in 28 modi diversi, ma solo 10 modi evitano la povertà assoluta di qualcuno: $[2_A+2_B+2_C]$, $[2_A+1_B+3_C]$, $[1_A+2_B+3_C]$, $[2_A+3_B+1_C]$, $[1_A+3_B+2_C]$, $[3_A+2_B+1_C]$, $[3_A+1_B+2_C]$, $[4_A+1_B+1_C]$, $[1_A+4_B+1_C]$, $[1_A+1_B+4_C]$ (nessuno ottiene 0); mentre le altre 18 combinazioni implicano l'esistenza di nullatenenti (qualcuno ottiene 0), che limitano le possibilità transattive del sistema perché, come già spiegato, qualcuno non può più scambiare e, perciò, quel qualcuno è come se fosse morto economicamente, come spiegava Baudrillard (1976).

$$[6.22] \quad T = \frac{E}{D}$$

L'eq. 6.22 calcola l'indice di potenzialità transattiva (T) come il rapporto tra il numero delle distribuzioni che evitano la povertà assoluta (E , 10 combinazioni nell'es. proposto qui sopra) e quelle totali (D dall'eq. 6.21, cioè 28 combinazioni possibili nell'es.): $^{10}/_{28} \approx 0,36$. Ma l'indice di potenzialità transattiva (T) scende a $0,25 = ^7/_{28}$, se si escludono le tre distribuzioni inique $[4_A+1_B+1_C]$, $[1_A+4_B+1_C]$ e $[1_A+1_B+4_C]$. E l'indice scende a $0,18 \approx ^{10}/_{55}$, se si distribuisce una base monetaria maggiore ($H = 9$) alle stesse 3 persone, con 55 combinazioni possibili, di cui solo 10 soddisfano un criterio di equità: $[3_A+3_B+3_C]$, $[3_A+2_B+4_C]$, $[2_A+3_B+4_C]$, $[2_A+4_B+3_C]$, $[3_A+4_B+2_C]$, $[4_A+2_B+3_C]$, $[4_A+3_B+2_C]$, $[5_A+2_B+2_C]$, $[2_A+5_B+2_C]$, $[2_A+2_B+5_C]$. Ma l'indice di potenzialità transattiva (T) scende ulteriormente a $0,14 \approx ^9/_{66}$, se si distribuisce una base monetaria ancora maggiore ($H = 10$) tra le stesse 3 persone, perché in tal caso l'eq. 6.21 calcola 66 distribuzioni possibili (D), di cui solo 9 (E) sono improntate all'equità: $[5_A+3_B+2_C]$, $[5_A+2_B+3_C]$, $[3_A+2_B+5_C]$, $[2_A+3_B+5_C]$, $[3_A+5_B+2_C]$, $[2_A+5_B+3_C]$, $[4_A+3_B+3_C]$, $[3_A+4_B+3_C]$, $[3_A+3_B+4_C]$. Lo stesso indice di potenzialità ($0,14 \approx ^3/_{21}$) si potrebbe rilevare con una base monetaria inferiore ($H = 5$), che consente 21 possibilità combinatorie (D), di cui solo $[1_A+1_B+3_C]$, $[1_A+3_B+1_C]$ e $[3_A+1_B+1_C]$ escludono la nullatenenza; ma l'indice di potenzialità sale a $0,2 = ^3/_{15}$, se si distribuisce una base monetaria inferiore ($H = 4$) tra le solite 3 persone, con le uniche distribuzioni eque $[1_A+1_B+2_C]$, $[1_A+2_B+1_C]$ e $[2_A+1_B+1_C]$.

$$[6.23] \quad P = 1 + \sum_a^m \frac{N!}{\prod_j j_a!}$$

L'eq. 6.23 calcola il numero delle *distribuzioni possibili eque* (P) – che sono una partizione dell'insieme combinatorio D (descritto con l'eq. 6.21) – come la somma di *permutazioni con ripetizioni* (derivate da Bernoulli), secondo cui si sommano in serie (Σ) tutti i risultati (da a a m) della divisione tra il fattoriale $N!$ e la serie di moltiplicazioni (Π) dei fattoriali degli insiemi (da $j!$ a $n!$) di persone che detengono una stessa identica distribuzione di moneta; con l'accortezza di sommare tra loro solo le frazioni che contemplino i modi distributivi ($\Pi j!$) ritenuti equi (per cui sarebbe necessaria una politica economica valutativa dell'equità); con l'addizione iniziale ($1+$) di quella possibilità unica che in ogni sistema è rappresentata dalla distribuzione (seppur improbabile) del reddito *pro capite* ($^H/N$). Così, nell'es. di poc'anzi ($H = 10$; $N = 3$), la distribuzione $[5_A+3_B+2_C]_a$ individua $^3 1! \times 1! \times 1! = 6$ permutazioni (già elencate) perché solo l'agente A ($1!$) detiene $5L$, solo l'agente B detiene $3L$ e solo C detiene $2L$; mentre la distribuzione $[4_A+3_B+3_C]_b$ individua $^3 1! \times 2! = 3$ permutazioni perché ciascuno degli agenti B e C ($2!$) detiene $3L$. Allora la somma delle permutazioni prese in considerazione – arbitrariamente, ma escludendo dall'addizione certamente le distribuzioni inique come $[9_A+0_B+1_C]$ – calcola il numero di distribuzioni eque ($P = 1+6+3 = 10$), da rapportare alle combinazioni complessive ($D = 66$), per estrarre l'indice di potenzialità del sistema economico ($0,14 \approx ^9/66$), che si calcola come $Z = P/D$ (l'eq. 6.24):

$$[6.24] \quad Z = \frac{1 + \sum_a^m \frac{N!}{\prod_n j_a!}}{\frac{(H+N-1)!}{H!(N-1)!}}$$

L'equità della distribuzione monetaria si lega alle potenzialità di crescita di un sistema economico in funzione della quantizzazione della moneta (H) e della popolazione (N), cosicché il rapporto tra le due grandezze sia compreso entro certi limiti, al di sotto o al di sopra dei quali l'iniquità vanta un primato crescente sull'equità, contrariamente al principio dell'entropia che, invece, considera più probabili le distribuzioni disordinate (eque). Ciononostante, un sistema economico potrebbe programmare un'emissione efficiente della base monetaria $|H\rangle$ in funzione del rapporto ($Z = P/D$ all'eq. 6.24) tra le potenzialità della base monetaria e l'estensione della popolazione (N).

$$[6.25.1] \quad E = \frac{(H-N+N-1)!}{(H-N)!(N-1)!}$$

$$[6.25.2] \quad E = \frac{(H-1)!}{(H-N)!(N-1)!}$$

L'eq. 6.25.1 e la 6.25.2 calcolano il numero *distribuzioni minimamente eque* (E) come il numero di combinazioni con ripetizioni che distribuiscono a ciascun agente almeno una unità di base monetaria: il numero di combinazioni con ripetizioni che (rieditando l'eq. 6.21) distribuiscono tra tutti gli agenti (N) la base monetaria che resterebbe da distribuire nel sistema economico quando ciascun agente avesse ottenuto almeno un'unità di moneta ($H-N$ sostituisce H dell'eq. 6.21 perché ciascun agente otterrebbe $1L$, se $H = N$). Allora l'eq. 6.22 ($T = E/D$) si può aggiornare con il risultato della 6.25.2, che differisce dal risultato dell'eq. 6.24 (Z) perché la 6.25.2 calcola un indice (T) oggettivo, mentre la 6.24 calcola un indice (Z) soggettivo, che dipende dalla politica economica e dal criterio con cui il decisore pubblico seleziona le distribuzioni di base monetaria considerate eque.

$$[6.26.1] \quad S = D - E$$

$$[6.26.2] \quad S = \frac{(H+N-1)!}{H!(N-1)!} - \frac{(H-1)!}{(H-N)!(N-1)!}$$

L'eq. 6.26.1 e la 6.26.2 calcolano il numero di distribuzioni *strettamente inique* (S) come il numero di combinazioni con ripetizioni in cui almeno un agente risulti nullatenente: cioè la differenza tra il numero complessivo delle distribuzioni possibili (D) e il numero di distribuzioni minimamente eque (E). Il calcolo dell'eq. 6.26.2 ha senso solo quando $H > N$, altrimenti (se $H \leq N$) tutte le distribuzioni risulterebbero inique ($S = D$) perché la base monetaria risulterebbe insufficiente rispetto al volume della popolazione.

L'indice di potenzialità transattiva (T , calcolato con l'eq. 6.22, aggiornata con la 6.25.2) consente di individuare un volume di emissione di base monetaria efficiente (H^*) rispetto al volume della popolazione (N); ma l'indice (T) calcolato in funzione del risultato dell'eq. 6.25.2 (E) tende a crescere naturalmente al crescere della base monetaria, mantenendo costante la popolazione (N). Perciò bisognerebbe individuare il volume di *distribuzioni eque efficienti* (E^*) per individuare il volume di *base monetaria efficiente* (H^*); e le distribuzioni eque efficienti andrebbero selezionate con un criterio politico-economico.

$$[6.27] \quad H_E = \left\lfloor \frac{H}{2} \right\rfloor$$

Un criterio soggettivo (politico) di equità puramente esemplificativo (ma si potrebbero costruire criteri diversi, seguendo procedimenti simili a questo) potrebbe consistere nel distribuire equamente la metà della base monetaria ($H/2$) a tutta la collettività, e la restante metà in combinazioni diverse a tutta la collettività (purché $H > 2N$); cioè il criterio consisterebbe nel distribuire tra N agenti la quota di base monetaria residua (H_E) identificata con l'eq. 6.27, che calcola H_E come l'arrotondamento per difetto (indicato con le parentesi tronche) della metà della base monetaria ($H/2$). Il numero di combinazioni (E^*) che possono distribuire la base monetaria secondo questo criterio di equità si calcola con l'eq. 6.28:

$$[6.28] \quad E^* = \frac{(H_E + N - 1)!}{H_E!(N-1)!}$$

L'eq. 6.28 (che sostituisce H con H_E nella 6.21) calcola il numero di combinazioni con ripetizioni che soddisfano il criterio di equità politico, anziché oggettivo ($E^* < E$): così l'eq. 6.22 ($T = E/D$), calcolata con E^* anziché con E , consente di valutare quale volume di base monetaria efficiente (H^*) restituisca l'indice di potenzialità transattiva (T) ottimo in funzione dell'ampiezza della popolazione.

Conclusioni

La ragione principale per cui il cervello di un organismo superiore risulta complesso è che il cervello campiona un ambiente complesso (Tononi/Sporns/Edelman 1994: 5037).

Sincretismo e dualità

La logica scientifica occidentale, anche nella sua declinazione più sofisticata come la meccanica quantistica, recupera e sviluppa le filosofie dualiste orientali e il pensiero magico, come dimostra un'analisi delle teorie discusse al cap. 4 e al 5, e come dimostra Penrose (1944/2005: 237-306) quando riconduce la complessità di ogni possibile stato della materia a una composizione duale subatomica. Luigi Fantappié (1944/2011) parlava addirittura, più apertamente, di un "principio di dualità" che pervade tutta la fisica; e che, come dimostrato nei capitoli precedenti, si manifesta frequentissimamente nella biologia; spiega buona parte della psicoanalisi; organizza le strutture della società e regola la mitopoiesi. Ciononostante, lo sviluppo della cultura scientifica, col passare dei secoli, ha dis-integrato i vari rami del sapere, prima unificati nel pensiero arcaico, che oggi sembrano riuniti dalla matematica: un linguaggio costruito intorno all'equilibrio funzionale tra la logica simmetrica e la logica asimmetrica, come ha rilevato Matte Blanco (1975/2000).

La dualità insita nella logica quantistica – che ha caratterizzato il progresso socio-tecnologico globale a cavallo tra il XX e il XXI sec. – si riscontra proprio nel linguaggio matematico che fonda il pensiero tecnico-scientifico; tanto nel significato dei numeri complessi ($z = a+bi$, con $i^2 = -1$), che implicano valori duali, quanto nella struttura stessa della grammatica algebrica, basata su opposizioni di campo (la collocazione dei membri a *sini-*stra e a *destra* dei segni di *uguaglianza* o *disuguaglianza* di un'equazione o di una disequazione; le relazioni oppostive tra i segni *più* e *meno*, *positivo* e *negativo*; le funzioni delle operazioni di *addizione* e *sottrazione*, replicate nella *moltiplicazione* e nella *divisione*).

L'osservazione umanistica dell'esperienza quotidiana riscontra la stessa dualità: Lévi-Strauss (1958) l'ha eletta come un sistema per analizzare la cultura che ogni collettività sviluppa intorno alla narrazione di *me/altro*, *noi/loro*, *passato/futuro*, *ascendenti/discendenti*, *inclusi/esclusi*, ecc.¹; mentre Bandler/Grinder (1975; 1976) l'hanno eletta come sistema analitico dell'individuo in sé, che vive di (o in) rappresentazioni mentali costruite relativamente ai criteri di *alto/basso*, *avanti/dietro*, *destra/sinistra*, *dentro/fuori*, *freddo/caldo*, *rabbia/paura*, *gioia/tristezza*, *attivo/passivo*, *competente/incompetente*, ecc.².

Le testimonianze citate nei capitoli precedenti evidenziano come la grammatica e l'estetica simboliche leghino l'analisi del codice genetico alla filosofia mistica e alla matematica binaria, eludendo apparentemente la ragione scientifica; benché quella grammatica e quell'estetica abbiano affascinato addirittura fisici e matematici di chiara fama, dimostrando come la logica analitica dell'essere umano dipenda ancora oggi dalla dialettica delle contrapposizioni polari tipiche del pensiero primordiale o, addirittura, dalla grammatica dell'inconscio: le leggi e i postulati scientifici sono affidabili e credibili perché rieditano la struttura dell'inconscio, proprio come fanno anche la magia e la religione, che pure catturano la fede dei gruppi e delle comunità. Tre scienziati illustri hanno fornito tre esempi evidenti di questa tendenza suggestiva ad attribuire significati magici – cioè associativi e simpatici – alle evidenze matematiche risultanti da manipolazioni formali dei modelli.

1 Cfr. anche Durand (1963/2009); Hamilton (1964); Elias/Scotson (1965).

2 Cfr. anche Berne (1953; 1964); Plutchik/Kellerman (1980); Hall/Bodenhamer (1997).

Il primo dei tre, Luigi Fantappié – membro dell'Accademia dei Lincei e sviluppatore della *teoria dei funzionali analitici* – è stato un matematico puro, convertito tardivamente alla fisica, che ha usato l'analisi algebrica per dedurre l'immanenza di una struttura dualista della materia. Fantappié (1944/2011: 37-38) notava che la funzione d'onda di Schrödinger fornisce soluzioni coerenti anche invertendo i segni degli operatori (+ ↔ -): lo si constata confrontando l'eq. 4.26 con la 4.28 dove il membro destro si trasforma da +Acos(s) in -Acos(s), calcolando la derivata seconda del membro sinistro, $\psi(s)$. L'eq. 4.30 risulta dall'inversione di segno della derivata seconda (il passaggio dall'eq. 4.28 alla 4.29), ma la stessa funzione d'onda (l'eq. 4.30) si può calcolare direttamente dalla derivata seconda con segno positivo (l'eq. 4.28), che implica una formalizzazione duale (speculare) della 4.30:

$$[7.1] \quad -E \psi(s) = \frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial s^2} - V \psi(s)$$

L'eq. 7.1 “rispecchia” la 4.30 – come lo stesso Schrödinger (1926c: 112-113) rilevava – e ciò dovrebbe significare che:

per ogni soluzione, rappresentante un particolare fenomeno fra quelli descritti dall'equazione, c'è sempre anche l'altra soluzione, ottenuta cambiando il segno del tempo, la quale rappresenterà un altro fenomeno, pure dello stesso genere (con i necessari cambiamenti di segno delle cariche, dell'energia, ecc.), che diremo “duale” del primo, cioè, in altri termini, che ambedue questi fenomeni sono possibili, in base all'equazione considerata, ma non che essi possano, nella realtà, trasformarsi a nostro piacimento l'uno nell'altro. Quando uno dei due fenomeni ha già un nome, indicheremo spesso il suo fenomeno duale applicando al nome stesso il prefisso “anti” (Fantappié 1944/2011: 54).

La deduzione del matematico italiano – coerente con l'eq. 4.34 della meccanica quantistica – ammette apertamente una struttura duale della realtà, che procede in parte per fenomeni *entropici*, regolati dal principio *causa* → *effetto*, secondo cui l'energia si disperde relativamente ad un riferimento spazio-temporale; e che per altra parte (sovrapposta alla prima) procede per fenomeni *sintropici* (dal gr. *σύν*, ‘con’, ‘simultaneità’, e *τροπή*, ‘trasformazione’), secondo cui l'energia, differenziata e diffusa nello spazio-tempo, converge verso un riferimento specifico, come il vertice del cono temporale di Minkowski (1909).

Il rapporto duale entropia/sintropia rispecchia la logica taoista (*yin/yang*) e la logica economica dell'equilibrio degli opposti – per cui i fenomeni entropici compenserebbero sempre i fenomeni sintropici (Fantappié 1944/2011: 105-110) – e, più generalmente, rispecchia il pensiero magico, di cui Mauss (1924b) e Lévi-Strauss (1950) hanno spiegato la struttura, tipica del pensiero inconscio in cui le idee più disparate si sovrappongono e coincidono. Ma la teoria di Fantappié ha anticipato anche la logica che fonda la teoria dei frattali di Mandelbrot (1975):

come il complesso dei fenomeni sintropici che si svolgono in ogni essere vivente, a partire dal germe iniziale, costituisce ciò che si chiama lo sviluppo e la vita di un organismo, con la differenziazione sempre più spinta delle varie parti in organi, orientati verso fini armonicamente coordinati [...], così anche il complesso di tutti i fenomeni sintropici (vitali) finora svoltisi sulla superficie della Terra è pure da considerare come la vita di un immenso organismo (“biosfera”), nel cui sviluppo la diversificazione delle specie rappresenta una vera e propria differenziazione in organi, orientati verso fini armonicamente coordinati (Fantappié 1944/2011: 71).

Quell'analisi dualista della natura porta il (pensiero) matematico a commentare una visione palesemente teologica – o almeno mistica – della vita, organizzata da un principio unitario cosmico (per cui, per es., la morte sarebbe il fenomeno entropico dispersivo sus-

seguito al fenomeno sintropico costruttivo della vita) che si può spiegare usando la logica scientifica; e che lascia intuire l'“impossibilità statistica” che un ordine così perfetto si organizza spontaneamente (Fantappiè 1944/2011: 62). E un ordine come quello insito nel rapporto tra sintropia ed entropia implica che la fisica scivoli nel dominio della metafisica.

Il secondo esempio di persistenza del pensiero dualista arcaico nel pensiero scientifico moderno lo ha fornito Erwin Schrödinger – responsabile della “rivoluzione” quantistica –, che ricondusse la biologia molecolare alla fisica, ipotizzando l'esistenza di un “codice genetico”, scoperto effettivamente poco dopo da Watson/Crick (1953): uno schema informativo persistente ad ogni livello della materia e perciò “frattale”³; uno schema espresso come la struttura stessa dei legami particellari (Schrödinger 1944/1967: 21-23). La ricerca dello scienziato austriaco rievoca esplicitamente le tradizioni dei mistici induisti e buddhisti per spiegare le implicazioni filosofiche della statistica quantistica:

From the early great Upanishads the recognition Athman = Brahman upheld (the personal self equals the omnipresent, all-comprehending eternal self) was in Indian thought considered, far from being blasphemous, to represent the quintessence of deepest insight into the happenings of the world⁴ (Schrödinger 1944/1967: 93).

Schrödinger introdusse nella fisica delle particelle l'idea dualista – taoista, induista, platonica, ecc. – di un'“entropia negativa” (in ingl., *negentropy*), cioè di una compensazione bilanciata dell'ordine col disordine (un'idea analoga alla *sintropia* di Fantappiè⁵); un equilibrio quasi economico che lo scienziato austriaco sembra aver addotto come una spiegazione simbolica, anziché come una deduzione metodologica (diversamente da Fantappiè) perché scriveva che ogni organismo vivente

“It feeds upon negative entropy”, attracting, as it were, a stream of negative entropy upon itself, to compensate the entropy increase it produces by living and thus to maintain itself on a stationary and fairly low entropy level. [...] Thus the device by which an organism maintains itself stationary at a fairly high level of the orderliness (= fairly low level of entropy) really consists continually sucking orderliness from its environment⁶ (Schrödinger 1944/1967: 78).

Il testo del rinomato fisico austriaco sembra ben poco scientifico già nella scelta di usare il verbo “attrarre” (“*attracting*”), che rievoca la logica newtoniana allora già rivoluzionata da De Pretto (1904) e da Einstein (1916) (cfr. il cap. 3.2), come Schrödinger sapeva certamente. Ma tutto il suo testo in genere sembra parafrasare il taoismo arcaico, già commentato diffusamente in questa ricerca.

-
- 3 Schrödinger – come anche Fantappiè – non ha potuto parlare esplicitamente di una struttura “frattale” perché Mandelbrot doveva ancora coniare quel neologismo, ma esprime chiaramente quella stessa identica idea quando scrive che “*every single cell, even a less important one, should be in possession of a complete (double) copy of the code-script*” (Schrödinger 1944/1967: 24) (trad. mia dall'ingl.: “ogni singola cellula, anche la meno importante, deve essere in possesso di una (doppia) copia completa del codice-programma”); concetto che si può tradurre liberamente come “la necessità che lo schema si ripeta identico a se stesso su scale diverse”.
 - 4 Trad. mia dall'ingl.: “Dalle prime grandi Upanishad la constatazione sostenuta *Athman = Brahman* (l'io personale equivale all'onnipresente, onnicomprensivo io eterno) era considerata nel pensiero indiano, anziché blasfema, come la rappresentazione della quintessenza dell'intuizione più profonda di ciò che accade nel mondo”.
 - 5 Fantappiè (1944/2011: 93) spiegava di aver usato la denominazione “diectropia” – ‘cambiamento duale esterno’ (dal gr. *ἐκτός*, ‘esterno’) – quando nel 1942 aveva iniziato a elaborare la sua teoria.
 - 6 Trad. mia dall'ingl.: ““Si nutre di entropia negativa”, attraendo, per così dire, un flusso di entropia negativa su di sé, per compensare l'incremento di entropia che produce vivendo e così per mantenere se stesso su un livello stazionario e abbastanza basso di entropia. [...] Perciò lo strumento tramite cui un organismo vivente si mantiene stazionario ad un livello abbastanza alto di ordine (= livello abbastanza basso di entropia) consiste proprio nel succhiare ordine dal suo ambiente”.

Roger Penrose (1994/2005) e Hameroff/Penrose (2014) – che rappresentano il terzo esempio del pensiero dualista occidentale – hanno teorizzato la struttura (in ingl., *pattern*) della coscienza umana (e di quella animale in genere, in funzione della complessità cerebrale) come un fenomeno di sovrapposizione di stati quantistici che interagirebbero a livello intraneuronale: la dinamica tra gli stati positivo e negativo delle particelle elementari regolerebbe la struttura della mente, come regola anche la struttura di tutta la materia. La teoria della *riduzione oggettiva orchestrata (Orch OR)* ipotizza un collasso (una riduzione) della funzione d'onda (cfr. il cap. 4.5) nelle strutture microtubulari che costituiscono il *citoscheletro* dei neuroni (una sorta di “organismo” neurale). Ogni microtubulo è un polimero di proteine, dette *tubuline*, che possono assumere due *conformazioni* (due stati): chiusa (con i due poli estremali in contatto) o aperta (con i due poli estremali separati), a seconda della polarizzazione elettrica dei suoi due *monomeri* (i “poli” della tubulina), detti α -*tubulina* e β -*tubulina*, che sono due composti di amminoacidi (codificati dal *DNA*); cosicché la configurazione degli elettroni nei due monomeri li fa attrarre (se polarizzati diversamente) o respingere (se polarizzati identicamente). Gli elementi fondamentali delle nostre reti neurali, insomma, funzionerebbero proprio come le lamine dell'elettroscopio di Benet (1789) già descritte al cap. 4.1. La polarizzazione delle tubuline – perciò la struttura dei microtubuli – dipenderebbe dal collasso della funzione d'onda che regola lo stato degli elettroni in ciascuna α -tubulina e β -tubulina: la funzione che collassa (la lettera *R* della *Orch OR*) “riduce” la sovrapposizione quantistica dell'*entanglement* $\langle\beta|\alpha\rangle = \langle\alpha|\beta\rangle^*$ (cfr. il cap. 4.6) quando la quota di energia (*E*) del sistema (ancora *entangled*) raggiunge una soglia ($\tau \approx \hbar E_G$), oltre la quale la sovrapposizione si risolve in una configurazione “oggettiva” (la lettera *O* della *Orch OR*) della realtà fenomenica.

Il processo *OR* sarebbe “orchestrato” (*Orch*) dalle informazioni cognitive dell'individuo: la “memoria” supporterebbe uno schema che farebbe collassare la funzione d'onda dei microtubuli “coerentemente”, cioè preservando un ordine apparente (nel mondo kantiano dei fenomeni) rispetto al disordine apparente (nella dimensione kantiana del noumeno). Già Bergson (1896/2013) aveva intuito questa possibilità quando descriveva la memoria come un “supporto” necessario per l'ap-prensione della realtà (cfr. il cap. 2.3), e la fisica contemporanea ha rivolto parecchia attenzione all'analogia tra gli stati quantistici e l'informazione, come tra l'idea di tempo entropico e quella di omeostasi di uno schema: “Il nostro intero cervello funziona su un insieme di *tracce* del passato, lasciate nelle sinapsi che conettono i neuroni” (Rovelli 2017: 159).

Penrose usa una logica frattale per sviluppare la sua teoria: il collasso quantistico dello stato elettronico (\pm) definisce gli stati tubulinici (raggruppato/separato), le cui variazioni nel corso del tempo consentono la trasmissione dei segnali elettrici (0 e 1) ad altissima frequenza lungo ciascun microtubulo per “programmare” il citoscheletro, che controlla ciascun neurone; e i neuroni, a loro volta, trasmettono nel cervello, tramite le sinapsi, segnali elettrici (0 e 1) a frequenza più bassa rispetto a quella primaria delle tubuline. Lo schema duale si potrebbe rilevare così ad ogni livello analitico della materia biologica, dallo stadio microscopico a quello macroscopico. L'interazione dell' α -tubulina con la β -tubulina restituisce addirittura una matrice come quelle della tab. 1.1 e della 5.1 (α - α ; α - β ; β - α ; β - β); senza contare che le strutture microtubulari sono conformate secondo “geometrie di Fibonacci (perciò frattali) ottimali per il calcolo quantistico” (Hameroff/Penrose 2014: 66). Si potrebbe addirittura integrare il modello *Orch OR* con la struttura dualistica del *DNA* discussa al cap. 1.2, responsabile di produrre gli amminoacidi che formano l' α -tubulina e la β -tubulina.

Il modello *Orch OR* rappresenta un esempio del sincretismo studiato in questa ricerca: il pensiero duale arcaico o inconscio (+/–, 0/1, α/β , ecc.) sostiene una speculazione filosofica espressa con un linguaggio scientifico che costruisce un ponte tra la struttura del sapere (i processi cognitivi) e la struttura della realtà (le interazioni quantistiche): il mondo

matematico (la dimensione platonica, $n. 1$) supporterebbe la funzione d'onda e regolerebbe il comportamento dualista delle particelle elementari (la struttura della materia, $n. 2$) che darebbero luogo alle sensazioni e alla coscienza (la dialettica kantiana, $n. 3$). Questa "trinità" teorizzata da Penrose (1994/2005: 411-420) è almeno una metafisica, se non addirittura una mistica scientifica; ma può anche spiegare la teoria psicanalitica di Matte Blanco (1975/2000) in termini fisici e fisiologici.

Complessità e informazione

La convergenza tra pensiero magico e scientifico sembra rilevare che gli stati del campo quantistico o le vicissitudini del *mana* estrudano una configurazione della materia e così determinino la soggettività, la percezione e l'autocoscienza "riflessiva" della materia stessa, cioè la possibilità di determinare una coscienza reticolare, olografica, diffusa nel regno dell'intangibile. Lo si può dedurre col ragionamento formale seguente.

Si può affermare che una particella elementare (x) non abbia consapevolezza di sé (C) perché si può affermare che la consapevolezza – benché Schrödinger (1944/1967: 92-96; 1958/1967) e Penrose (1994/2005: 7-63) abbiano dimostrato quanto sia difficile definire la consapevolezza – è *almeno* qualcosa di diverso da una particella elementare ($C \neq x$). La consapevolezza, anzi, risulta come un sistema complesso (indipendentemente dalla definizione complessa che si preferisce darle); mentre la particella elementare è solo un quanto (un elemento discreto) di un sistema. Un sistema complesso (C), del resto, è *almeno* una funzione che integra (\int) un insieme di particelle elementari (da x a n) in un arco di tempo (∂t), come si può riassumere con la definizione 7.2 seguente:

$$[7.2] \quad C = \int_x^n x(\partial t)$$

Un sistema complesso (C) di particelle ($x... n$) può avere consapevolezza di cosa sia una particella elementare (x). Una persona è *almeno* un sistema complesso di particelle⁷ (C) e può avere consapevolezza di cosa sia una particella (x). Per es., chi legge questo libro ha consapevolezza di cosa sia una particella; e questa consapevolezza dipende dalla complessità dell'individuo, composto da n particelle ordinate secondo uno schema particolare. Ma la consapevolezza dipende addirittura da una complessità maggiore di quella che costituisce l'individuo singolo: dipende da una cultura (complessa) sviluppata nel corso dei secoli. La consapevolezza di cosa sia una particella (x) dipende dalla variazione nel corso del tempo (∂t) dell'interazione tra individui diversi o tra sistemi complessi (C), ciascuno risultante dall'evoluzione (Δ) e dalla composizione (\times) della complessità del sistema complessivo ($\Delta C \times \Delta C$). Perciò:

$$[7.3] \quad C = \int_x^n (\Delta C_x \times \Delta C_i)(\partial t)$$

La definizione 7.3 risulta circolare perché significa che la materia – organizzata in un sistema complesso (C) – può conoscere se stessa: può comprendere un elemento singolo che la costituisce (x), ma può comprendere anche le interazioni complesse ($\Delta C_x \times \Delta C_i$) del-

⁷ Il discorso sviluppato intorno all'eq. 7.2 e alla 7.3 potrebbe ricordare quello di Tononi/Sporns/Edelman (1994) sulla complessità dei "sistemi neurali", che però trascurava le implicazioni derivate più avanti dall'eq. 7.4, fino alla 7.9.

la materia stessa – che interpola (\times) un qualsiasi sistema (C_x) con ciascuno degli altri sistemi (C_i) che la compongono – al variare del tempo (∂t).

Ogni percezione sensoriale dipenderebbe da uno stato quantistico della materia. L'auto-coscienza dipenderebbe dalla consapevolezza sensoriale di un cambiamento, che a sua volta determina la differenziazione temporale (∂t) primaria (passato/presente/futuro) e quella cognizione del tempo in sé, che Carlo Rovelli (2017) definisce una funzione del cambiamento. Anche gli psicologi cognitivi concordano sul fatto che “la funzione basica della percezione [sia] stabilire relazioni tra differenze nella stimolazione sensoriale” (Carli/Paniccia 2003: 81). La vista fa percepire variazioni continue di posizione, colore, ecc., che identificano stati temporali differenziati della materia. I suoni percepiti dall'orecchio mutano continuamente, individuando distinzioni tra gli stati sonori della realtà; e addirittura un suono continuo implica un mutamento interno, almeno in termini di pensieri associati alla continuità della percezione sonora e alla durata temporale del suono. Gli odori e i sapori cambiano d'intensità e di qualità (più o meno molecole, diverse, attivano recettori e schemi neurali specifici) e si avvicinano nel processo continuo di respirazione. Le sensazioni tattili mutano continuamente con la propriocezione cutanea e con la percezione dei vari ritmi viscerali (cardiaco, respiratorio, ecc.) che implicano altrettante distinzioni temporali. Il dipanarsi del pensiero alla percezione di quegli stimoli neurali sviluppa (la percezione di) una continuità temporale legata alla mutevolezza della materia. Tempo e pensiero coincidono qualitativamente perché ciascuno determina l'altro: il cambiamento (Δ) consente la coscienza e, d'altro canto, la coscienza riassume il ricordo del cambiamento da raffrontare allo stato presente, come già Bergson (1896/2013) aveva spiegato. Solo la morte implica la cessazione della percezione; o la sua trasformazione.

Già il commento alla fig. 2.2 svolto nel cap. 2.2 anticipava questa osservazione: la morte interrompe la percezione e perciò interrompe l'estrusione di uno stato (una “storia”) del noumeno. Un'altra formulazione matematica potrebbe significare questo modello:

$$[7.4] \quad \lim_{\partial f \rightarrow \infty} \partial f \hbar = N$$

La formulazione 7.4 definisce lo stato unitario che (solo per semplicità espositiva) si chiama noumeno (N) come una funzione della variazione (∂) di frequenza (f), potenzialmente infinita ($\lim_{\partial f \rightarrow \infty}$), del campo quantistico (\hbar): il noumeno riassume la continuità indistinta – perciò riassume ogni variazione (∂f) possibile (∞) – di ogni informazione possibile e non-locale. La variazione di frequenza (∂f) si “quantizza” con la costante di Planck ridotta (\hbar), secondo la logica già spiegata al cap. 4.5: $\hbar = h/2\pi$ codifica l'estrusione della “retta della storia” (fig. 2.2), cioè della coscienza, in funzione del coefficiente angolare (quantistico) relativo alla circonferenza ($2\pi = 360^\circ$) del noumeno, la forma organizzata perfettamente, cioè equilibrata.

$$[7.5.1] \quad N' = \hbar \frac{\partial N}{\partial \infty}$$

$$[7.5.2] \quad \hbar \frac{\partial N}{\partial \infty} = \hbar \frac{\partial^2 N}{\partial \infty^2}$$

L'eq. 7.5.1 descrive la derivata prima ($\partial N / \partial \infty$) della 7.4 che, secondo la 7.5.2, coincide con la sua derivata seconda (∂^2) perché l'infinito è indifferenziabile ($\infty^2 = \infty$) e perché l'eq. 7.4 definisce $N = \partial f \hbar$, perciò $\partial \partial f \hbar = \partial^2 f \hbar$. L'eq. 7.5.1 rileva che il noumeno varia (∂N) al variare del *continuum* ($\partial \infty$). Ma il *continuum* compatto (∞) non può subire variazioni per sua stessa definizione: perciò $\partial \infty = 0$ e perciò l'eq. 7.5.1 e la 7.5.2 non hanno alcun significato matematico, ma esprimono un significato filosofico o magico: la divisione

di una variabile per zero risulta indeterminabile perché “confonde” qualcosa con qualcos’altro; confonde la quantità (variabile) con la qualità (l’insieme vuoto 0). L’assurdità “apparente” è ribadita da un’altra constatazione formale: $\partial N = 0$ perché il noumeno non cambia; è dato. La divisione risulta insensata ($\frac{\partial N}{\partial \infty} = \frac{0}{\infty}$) per una prospettiva matematica, ma una lettura filosofica o magica può intendere quella divisione come il tentativo di dividere il nulla (un’assenza) per altro nulla: quante volte il nulla (al denominatore) è contenuto nel nulla (al numeratore)? Mai o sempre. L’eq. 7.5.1 si potrebbe risolvere come $0 = \frac{0}{\infty} = \infty$ e perciò $0 = N' = \infty$. Le due alternative coincidono: $N' = 0$ (sul fronte sinistro) individua un valore massimo o un valore minimo della funzione 7.4 perché la derivata prima si annulla secondo il teorema di Fermat (cfr. il cap. 1.3); oppure $N' = \infty$ (sul versante destro) indica l’impossibilità di individuare un limite (min o max) perché la funzione 7.4 cresce con tendenza infinita oppure individua *sempre* un punto di flesso, cioè un mutamento continuo. L’eq. 7.5.1 annulla sempre la propria derivata o non l’annulla mai perché la funzione varia incessantemente; perciò la 7.4 è sempre al massimo e al minimo contemporaneamente: N riunisce sempre gli opposti (min e max), proprio come fanno la teoria kantiana e quella taoista (*yin* e *yang*) e come fanno il pensiero magico e l’inconscio in genere (per cui le similitudini sfuggenti annullano le differenze evidenti e viceversa): $N = \infty$.

Il noumeno è l’insieme informativo e strutturale che include tutte le informazioni esistenti. Il noumeno – la serie infinita – può avere un numero infinito di manifestazioni possibili; una delle quali (il vettore “storia” della fig. 2.2) è la cosmologia che include il sistema solare e l’umanità, con la sua cultura e con la sua struttura cerebrale. L’umanità attualizza uno stato della materia “autoinclusivo”, che consente alla materia di conoscere se stessa: Schrödinger (1958/1967: 107) scriveva che “*consciousness is a phenomenon in the zone of evolution*”⁸; l’evoluzione è un processo con cui il genere umano modella il sapere e si lascia modellare da esso. La struttura della cosmologia in cui abitiamo rivela la struttura del noumeno che ci modella: i fenomeni naturali, le culture e i linguaggi ci consentono di accedere a una conoscenza più complessa di quella meramente sensoriale, ma comunque modellata sulla struttura stessa dell’informazione. L’evoluzione sembra orientata verso questa possibilità: che la materia comprenda sé stessa per mezzo della consapevolezza (in ingl., *counsciousness* e *awareness*) e del sapere sviluppati dagli esseri umani, mediatori inconsapevoli di questo programma “divino” che l’Occidente ha scelto storicamente di rappresentare col segno della croce, valido tanto come simbolo religioso (a identificare il legame tra assi diversi, quello orizzontale umano e quello verticale divino) quanto come segno di composizione matematica (la \times moltiplicativa e gli assi referenziali del piano cartesiano). Perché la logica del simbolismo inconscio e magico, che orienta i comportamenti e le scelte individuali e sociali, non differenzia la valenza religiosa del simbolo + da quella matematica; anzi, le riunisce.

La complessità della “storia” risulta dalla composizione (\times) integrata (\int) dell’eq. 7.3, che si può combinare con l’eq. 5.1 perché entrambe definiscono il sistema complesso (C), seppur da prospettive diverse:

$$[7.6] \quad J^{\pm} \times S^{\pm} = (\Delta C_r \times \Delta C_i)(\partial t)$$

L’eq. 5.1 può risolvere la circolarità dell’eq. 7.3, esplicitando gli elementi ΔC (al membro destro della 7.3) con la definizione fornita al membro destro della 5.1 ($C = J^{\pm} \times S^{\pm}$):

$$[7.7] \quad J^{\pm} \times S^{\pm} = [\Delta(J^{\pm} \times S^{\pm}) \times \Delta(J^{\pm} \times S^{\pm})](\partial t)$$

L’eq. 7.7 consente di definire tanto il soggetto (J^{\pm}) quanto l’oggetto (S^{\pm}) di un sistema complesso (C):

8 Trad. mia dall’ingl.: “la coscienza è un fenomeno nell’ambito dell’evoluzione”.

$$[7.8] \quad J^\pm = \frac{\Delta(J^\pm \times S^\pm) \times \Delta(J^\pm \times S^\pm)}{S^\pm} \partial t$$

$$[7.9] \quad S^\pm = \frac{\Delta(J^\pm \times S^\pm) \times \Delta(J^\pm \times S^\pm)}{J^\pm} \partial t$$

L'eq. 7.8 definisce il soggetto (J^\pm) come la variazione (Δ) complessa (\times) dei suoi stati (la percezione sensoriale, che dipende dal campo quantistico), sollecitati in ogni momento (∂t) dalla variazione complessa dei vari stati della realtà circostante (S^\pm , che dipende dalle interazioni quantistiche delle particelle): la soggettività è la percezione del cambiamento ($\Delta J \times \Delta S$), che a sua volta è l'essenza del concetto di tempo (t). Ma attenzione: il denominatore della frazione 7.8 (S^\pm) non annulla il suo corrispettivo al numeratore e non semplifica la frazione perché l'*entanglement* (\pm) si rappresenta con una matrice (simile a quella della tab. 5.1) che sovrappone S^+ a S^- , a J^+ e a J^- , cosicché risultino 32 combinazioni diverse dei rapporti tra J^\pm e S^\pm al membro destro per ciascuna delle 2 possibilità di J^\pm al membro sinistro, per un totale di 64 combinazioni, che rievocano i 64 esagrammi dell'*Yìjing* citati al cap. 1.2.

L'eq. 7.9 definisce la realtà (l'oggetto S^\pm) relativamente alla soggettività (l'osservatore J^\pm), coerentemente col paradosso di Berkeley (1710: 23), già citato al cap. 2.2, per cui l'una esiste solo se l'altra la percepisce. Questa definizione appare antropocentrica, ma non significa che un universo senza soggettività (per es., un universo privo di vita animale o almeno di vita intelligente) non possa esistere; invece significa che la *conoscenza* – che è un sistema complesso (C) – di quella realtà (S) dipende dalla sua popolazione e dalle capacità relazionali (cioè combinatorie) di quella popolazione (J). E quelle capacità si esprimono in termini binari, dualistici, oppositivi e associativi, disgiuntivi e congiuntivi, differenziali o somiglianti, ecc.

Il principio dualista (taoista, magico, inconscio, ecc.) riposa sull'*entanglement* di stati (\pm), ma anche sulla relazione tra essi ($=$ e \neq): gli stati implicano una conoscenza spaziale (dove si trova una particella; come è polarizzata; in che direzione si muove; a quale velocità), mentre le relazioni implicano una conoscenza temporale (la relazione tra due sistemi implica sempre una dilatazione temporale relativistica, come già discusso al cap. 3.2); e ciascun tipo di conoscenza implica l'altra.

Relatività percettive

La considerazione seguente – riconducibile direttamente all'esempio geometrico di Lovecraft/Hoffman (1932/1934/1993: 286) e di Capra (1975/2005: 171-172), rappresentato nella fig. 4.4 – può sembrare banale, ma chiarisce la natura del rapporto che lega gli stati della materia e le relazioni di significazione associativa: l'esempio aiuta a comprendere come il pensiero associativo, tipico dell'inconscio, si integri nel pensiero razionale. Chiunque considererebbe un anziano (A) e un bambino (B) come due individui diversi, se li accostasse e li confrontasse nello stesso momento (t), perché li osserverebbe in posizioni spaziali diverse e riscontrerebbe differenze somatiche e caratteriali evidenti tra loro. Il confronto si può riassumere come $A_t \neq B_t$. Ma quella constatazione potrebbe cambiare, se qualcuno confrontasse l'anziano e il bambino in due momenti successivi: $A_t \approx B_{t-1}$ significa che certi tratti somatici e caratteriali dell'anziano di oggi (A_t) somigliano (\approx) a quelli del bambino di ieri (B_{t-1}); ciascun individuo cresce e cambia col passare del tempo, ma sa (o

crede) di *essere sempre* la stessa persona⁹; uno dei due cerchi grigi della fig. 4.4 somiglia all'altro perché le due figure bidimensionali risultano come sezioni geometriche di un oggetto tridimensionale più complesso. La somiglianza tra i due individui può sussistere anche invertendo l'ordine temporale del confronto: $A_{t-1} \approx B_t$ significa che il bambino di oggi (B_t) somiglia all'anziano di ieri (A_{t-1}) perché il codice genetico trasmette alcuni tratti somatici e caratteriali da una generazione all'altra; molte religioni e molte filosofie credono nella reincarnazione, pensando la trasmissione genetica come la trasmigrazione dell'anima o del *mana*; anzi, la scienza "giustificerebbe" la credenza nella reincarnazione proprio spiegando la trasmissione dei tratti genetici; e la società con i suoi *media*, similmente, consentirebbe la sopravvivenza dei pensieri e della cultura che, altrimenti, svanirebbero con la morte dei singoli individui. Penrose (1994/2005: 13-14) lo ha spiegato dimostrando che la consapevolezza e l'identità¹⁰ soggettive dipendono da *schemi informativi persistenti*, anziché dalla materia in sé, che costituisce i corpi e che subisce trasformazioni, scomposizioni e sostituzioni continue: un'idea che rievoca il principio eracliteo-pitagorico del $\pi\acute{\alpha}\nu\tau\alpha \dot{\rho}\epsilon\acute{\iota}$ (gr., 'tutto scorre'). La somiglianza delle persone al trascorrere del tempo ($B_{t-2} \approx A_{t-1} \approx B_t$) testimonia la persistenza di tratti somatici specifici, che partecipano allo schema più generale della struttura fisica dell'essere umano (due occhi, un cuore, un fegato, due reni, ecc.) inscritta nel *DNA*, che a sua volta dipende da una struttura atomica, che a sua volta ancora dipende dalla *costante di struttura* analizzata all'app. 3. Il ricordo e la creazione sono due facce della stessa medaglia: costruiamo una realtà ideale che non esiste quando ricordiamo gli eventi passati; come ricordiamo elementi già esistiti quando immaginiamo eventi futuri possibili; e tutte queste informazioni emergono da una struttura (fisiologica, neurale, genetica, elettromagnetica, ecc.) che è riconducibile alla dimensione quantistica. La struttura stessa del pensiero umano esprime la struttura quantistica, cosicché è ragionevole pensare che l'una implichi l'altra: la struttura della materia risulta caratterizzata dall'*entanglement* perché il pensiero stesso opera sovrapponendo elementi polari; e (anziché o) l'inconscio opera secondo una logica asimmetria perché dipende da una materia strutturata sull'*entanglement* quantistico.

L'informazione – il pensiero – è una configurazione quantistica: lo è la percezione sensoriale stessa, che rileva gli stati della materia risultanti dall'interazione di particelle sovrapposte; e lo rilevano (indirettamente) gli psicologi – da Lashley (1929) a Bauer/Just (2015) – che dimostrano come l'acquisizione delle informazioni modifichi gli schemi neurali; schemi che consistono in mappe molecolari (biologiche e chimiche), cioè in configurazioni atomiche, in interazioni di stati quantistici. E, se è vero che una configurazione può mutare senza variare la struttura generale (lo schema) né la funzionalità del sistema, è anche ragionevole pensare che il bagaglio informativo – il noumeno (lo schema di ciò che si pensa) – permanga, in una forma diversa (secondo la legge di conservazione dell'energia discussa al cap. 4), anche dopo che lo stato della materia – il fenomeno (il collasso dell'onda) – sia mutato. Insomma: *credere* nella c.d. "vita dopo la morte" significa credere nelle frontiere della fisica teorica; significa credere che l'anima sopravviva al corpo, come l'informazione attraversa attualizzazioni diverse della funzione d'onda; come l'informazio-

9 "Il nucleo fondamentale dell'individuo è preservato nel mezzo di ogni cambiamento vitale. Tutti sentiamo di essere la stessa persona che eravamo, diciamo, venti anni fa, malgrado il fatto che, fisicamente, possiamo non avere una sola molecola in comune con la persona che eravamo allora; e psicologicamente possiamo essere immensamente diversi. Eppure, il sentimento di identità permane" (Matte Blanco 1975/2000: 387).

10 Il sostantivo *identità* (anche in spag., *identidad*, in ingl., *identity*, in fr., *identité*, e in ted., *Identität*) veicola significati paradossalmente antinomici: può significare l'uguaglianza dell'*identità matematica* (=), che rileva una simmetria strutturale nei rapporti tra le cose; ma può significare anche l'*identità personale*, che distingue ciascun individuo dagli altri e che perciò rileva un'asimmetria strutturale (\neq); sebbene l'identità personale rilevi anche la continuità nel corso del tempo di variazioni (cambiamenti) che riconoscono una coscienza medesima ($A_t \approx B_{t-1}$).

ne (lo schema) “sopravvive” al collasso della nuvola di probabilità (cfr. il cap. 4.5); e come la cultura tramanda le informazioni tra gli individui e le società nel corso dei secoli.

Il nichilismo di chi crede nel nulla al termine della vita – dopo la morte – è forse una sfida troppo ardua per l'essere umano, soprattutto dopo aver verificato empiricamente che gli atomi stessi, quando decadono – quando “muoiono” – si trasformano in altri atomi o producono particelle nuove (Rutherford 1905; 1916). Nulla finisce, ma tutto scorre, e altrettanto dovrebbe fare la coscienza, se dipende dal moto di quegli atomi, come sostengono Hameroff/Penrose (2014).

La psicologia ha indagato approfonditamente il rapporto intra-individuale tra sistemi ($A_t \approx B_{t-1}$), come rileva molto semplicemente uno scrittore famoso:

il nostro io di cinque e quello di quattordici anni erano profondamente diversi dall'attuale, eppure quel cinquenne, quel quattordicenne rivendicano su di noi diritti inalienabili. [...] Un esile filo di causa, effetto e casualità ci lega comunque ai nostri io precedenti. Ogni giorno, ogni minuto di ciascuna ora, ogni battito cardiaco legano la bambina alla vecchia signora (McEwan 2018: 35).

L'io – l'auto-percezione che ciascuno ha di sé – muta continuamente, benché sottenda un'identità continua. L'io sembrerebbe un *continuum* mutevole nel corso del tempo; che perciò implica la riflessione monadologica di Leibniz (cfr. il cap. 2.1): ogni stato percettivo muta continuamente – le strutture neurali assumono stati quantistici nuovi e diversi ad ogni attimo – eppure quei cambiamenti incessanti consentono di rintracciare un'identità attraverso tutte quelle differenze; con la conseguenza di dover ammettere un legame (un *entanglement*) – un'omotetia – tra stati della materia diversi e temporalmente dissociati.

Gli stati della materia – le configurazioni quantistiche del campo – determinano l'io. Lo dimostra la neurologia quando rileva che i danni cerebrali alterano la percezione della realtà e dell'io stesso. Quei danni alterano la struttura delle reti neurali responsabili della coscienza, e quelle reti dipendono da configurazioni del campo; o, in altri termini, configurazioni quantistiche di un certo tipo determinano strutture neurali funzionali a percepire l'io, mentre configurazioni diverse determinano strutture neurali danneggiate o disfunzionali, che distorcono la percezione dell'io e della realtà circostante. Perciò i pensieri e le (auto)percezioni derivano dalle configurazioni che il campo quantistico assume di volta in volta, come hanno sostenuto anche Penrose (1994/2005) e Hameroff/Penrose (2014); e il campo parla a se stesso quando fa emergere un io che riflette – che si interroga e filosofa – sugli stati del campo stesso; quando sviluppa una conoscenza e un sapere: una co-scienza.

L'esperienza buddhista della meditazione *zazen/zuòchán* (giap./cin., ‘meditazione seduta’) dimostra lo stesso risultato; dimostra come i due percorsi antitetici – ma entrambi rivolti alla conoscenza –, l'intuizione e la razionalizzazione¹¹, conducano verso una stessa meta. Chi pratica *zazen* si siede tenendo la schiena dritta, concentrandosi sul respiro e sulla postura, per poi “lasciare andare” i pensieri fino a farli svanire, o almeno provando a farli svanire. Il buddhismo tantrico cerca di raggiungere lo stesso risultato con la recitazione ripetuta dei *mantra* (sans., ‘pensiero attivo’, ‘anima protettiva’), che sono stralci dei *veda* (sans., ‘sapere’), i testi sacri induisti: la ripetizione orale continuativa di un pensiero ne dissolve il significato, lo fa sparire. Due strumenti opposti per lo stesso risultato. D'altro canto, l'esperienza dello *zazen* esplicita come i pensieri “nascono da sé”, indipendentemente dalla volontà del praticante, che anzi tenta (infruttuosamente) di sopprimerli. Chi sperimenta lo *zazen* percepisce come il pensiero sia indipendente dalla volontà e dalla soggettività; sperimenta come la soggettività e la volontà “dipendano” da tutt'altro, anziché dal pensiero; dagli stati quantistici, dice la scienza; dal *Dao*, dice il taosimo; dal *Brahman*, dice l'induismo; dal *mana*, dicono le tradizioni magiche melanesiane; da Dio, dicono le re-

11 Cfr. Kahneman (2011/2018) per una descrizione approfondita delle caratteristiche psicologiche dei due sistemi di pensiero “lento” e “veloce”.

ligioni monoteiste; dal noumeno, dice la filosofia illuminista; da una relazione duale, dicono tutte loro, insieme alla scienza.

E le scienze sociali si sono accorte di come l'oscillazione tra polarità antitetiche investa anche i processi socioculturali: per es., Bernard Stiegler (2015) ha rilevato come il progresso tecnologico riduca l'entropia – standardizzando molti compiti e comportamenti pratici – benché, allo stesso tempo, intensifichi l'entropia stessa – distruggendo la vita, gli ecosistemi, la biodiversità, la sociodiversità e la psicodiversità –, con la conseguenza che i modelli di sviluppo economico capitalista si rivelano modelli di distruzione economica.

Il linguaggio matematico può “spiegare” la complessità del reale perché la matematica è un linguaggio; è uno strumento sviluppato sulla base di competenze linguistiche innate (Chomsky 1957; 1965); è l'espressione della struttura stessa della mente (Goodglass/Geschwind 1976; Basile 2013); e la mente e il cervello sono un'espressione omotetica di quella complessità (Pribram 1971; Shaw/Bransford 1977; Bohm 1980; Susskind 1995). Perciò la mente può “comprendere” il noumeno, a dispetto di quanto sosteneva Kant (1781). O, almeno, questo è ciò che crede – e in cui confida – il pensiero unico (scientifico), citato all'introduzione, la cui efficacia è provata proprio dall'opera di Einstein, che rivoluzionò la fisica senza mai entrare in un laboratorio, ma solo pensando e “giocando” con le equazioni.

Tutta la complessità descritta dall'eq. 7.2 alla 7.9 – la complessità da cui derivano la coscienza degli individui e la cultura dei popoli – dipende dal linguaggio, che dimostra di essere la vera struttura universale della realtà¹²: il principio “*cogito ergo sum*” (lat., ‘penso quindi sono’) di Descartes (1637) può sembrare paranoico perché implica che *io che penso* posso essere certo solo della mia esistenza in quanto *essere pensante* – ne ho consapevolezza – mentre posso dubitare dell'esistenza degli altri in quanto esseri pensanti¹³; posso dubitare del fatto che gli altri abbiano una consapevolezza simile alla mia perché io posso avere consapevolezza solo delle mie sensazioni, mentre gli altri potrebbero “essere” mere simulazioni. Ma *il linguaggio* demolisce questa paranoia filosofica perché il mio *cogito* si codifica in un linguaggio che è strutturato in me tramite le altre persone, perciò anche loro devono avere una consapevolezza di sé (proprio come io so di avere consapevolezza di me) perché loro costruiscono e usano il mio stesso linguaggio *insieme* a me, facendo un'esperienza analoga alla mia; perciò *io* e *loro* condividiamo la stessa struttura. Anche il test di Turing (1950) si basa “solo” sull'uso della lingua perché ammette la necessità di definire *intelligente* una macchina capace di dialogare con un essere umano senza che l'essere umano percepisca il suo interlocutore come una macchina¹⁴. Del resto, la parola *persona* deriva dal verbo *personare* (lat., ‘risuonare’, ‘emettere suoni’), composto da *per* (lat., ‘attraverso’) e *sonare* (lat., ‘produrre suono’), cioè ‘parlare’.

La complessità rappresentata con l'eq. 7.7 in sostanza è la complessità del linguaggio e delle sue strutture relativistiche (perché non c'è linguaggio senza due poli almeno): una complessità rintracciabile nella composizione stessa della materia come uno schema persistente (il “*pattern*” di cui parla Penrose). Il linguaggio – con le sue strutture, le sue forme, le sue formulazioni e le sue trasformazioni – è la risorsa più potente che l'essere umano abbia utilizzato per sviluppare la civiltà, ed è per questo che il pensiero magico riposa proprio sugli usi del linguaggio (con le sue formule rituali, le sue male-dizioni e bene-dizioni, le sue associazioni simboliche, ecc.), proprio come fa anche il pensiero scientifico (con le sue formule, i suoi assiomi, le sue leggi, ecc.); ma il linguaggio può essere anche un grande limite, se è usato fallacemente, come dimostra Hykel Hosni (2018). Allora bisogna ammettere che la materia può prendere consapevolezza di se stessa tramite il linguaggio, se è

12 Alejandro Jodorowsky (2005/2010: 20) scrive addirittura che “non viviamo nel mondo, viviamo in una lingua”.

13 “*Cogito ergo sum* non è il primo passo della ricostruzione cartesiana, è il secondo. Il primo è *Dubito ergo cogito*” (Rovelli 2017: 151).

14 Cfr. Rossi (2008) per un commento sull'equivalenza funzionale tra macchina e persone.

vero che il linguaggio riposa sugli schemi persistenti nella struttura della materia e se è vero che il linguaggio consente di esplicitare quegli schemi.

La civiltà sta procedendo lungo un percorso sincretico, che si riscontra anche (o proprio) nel fatto che i linguaggi dei mistici orientali e quelli dei fisici occidentali sono diventati molto simili, come sosteneva Zukav (1979: 29). Lo testimoniano le parole di un fisico italiano contemporaneo che sembrano ricalcare i testi taoisti e buddhisti sull'impermanenza e sui mutamenti:

le cose non “sono”: accadono. [...] Tutta l'evoluzione della scienza indica che la migliore grammatica per pensare il mondo sia quella del cambiamento, non quella della permanenza [...] qualcosa che *succede*. Che non dura, che è continuo trasformarsi (Rovelli 2017: 86-87).

Gli scienziati e i filosofi, i laici e gli eretici si rispecchiano in una condizione ben nota alla cultura cinese arcaica quando compiono i loro sforzi intellettuali:

The wisdom of the small man does not go beyond (the minutiae of) making presents and writing memoranda, wearying his spirits out in what is trivial and mean. But at the same time he wishes to aid in guiding to (the secret of) the Dao and of (all) things in the incorporeity of the Grand Unity. In this way he goes all astray in regard to (the mysteries of) space and time. The fetters of embodied matter keep him from the knowledge of the Grand Beginning. (On the other hand), the perfect man directs the energy of his spirit to what was before the Beginning, and finds pleasure in the mysteriousness belonging to the region of nothingness. He is like the water which flows on without the obstruction of matter, and expands into the Grand Purity. Alas for what you do, (O men)! You occupy yourselves with things trivial as a hair, and remain ignorant of the Grand Rest¹⁵ (Zhuāngzǐ 32).

Ciononostante l'umanità continua a sforzarsi di decifrare il codice di Dio – Paolo Marra (2004) ha addirittura ipotizzato che il testo biblico sia un codice matematico – e del *Dao*, come se l'umanità non potesse rinunciare al compito di decifrare la struttura della realtà; come se la tendenza alla speculazione (e al gioco linguistico) fosse indipendente dalla volontà individuale e collettiva; come se la libertà di esercitare una volontà non fosse possibile, ma fosse possibile solo l'esecuzione inconsapevole di uno schema.

La grande differenza tra la scienza contemporanea (da Newton in poi) e il pensiero magico (dal misticismo orientale alla filosofia classica, passando per le mitologie africane e amerinde) risiede nel valore attribuito al libero arbitrio: i saperi classici e quelli moderni hanno “creduto” nella possibilità che le persone possano decidere come agire (anzi, l'hanno assunto come un dato *a priori* ovvio); per es., scegliendo di rispettare una regola (come il *Dao*) o di infrangerla; oppure scegliendo di eseguire un esperimento o un altro, e poi considerando come l'interazione dello sperimentatore col laboratorio possa influenzare l'osservazione; oppure, ancora, arrivando con processi intellettuali, controllati dallo scienziato, a teorizzare un modello strutturale. Invece oggi la scienza ammette la possibilità di una predeterminazione totale (cfr. Bell 1964; Hensen *et al.* 2015); così l'*Orch OR* rintraccia la coscienza nella distribuzione elettronica che polarizza le tubuline (α e β), riducendo il libero arbitrio a un'illusione. Del resto, ogni idea – per es., ogni pensiero che fluisce durante lo *zazen*, come anche la rappresentazione mentale che possiamo farci di un buco

15 Trad. mia dall'ingl.: “La saggezza del piccolo uomo non va oltre (la banalità di) fare regali e scrivere relazioni, sfianando lo spirito in cose irrilevanti e meschine. Ma allo stesso tempo egli desidera fornire un aiuto per guidare verso il (segreto del) *Dao* e di (tutte le) cose nell'incorporeità della Grande Unità. Così egli va fuori rotta rispetto a (i misteri di) spazio e tempo. Le catene della materia corporea lo trattengono dal conoscere la Grande Genesi. (D'altra parte) l'uomo perfetto indirizza l'energia del proprio spirito verso cosa c'era prima della Genesi, e trova piacere nella misteriosa appartenenza alla regione della nullità. Egli è come l'acqua che fluisce senza l'ostruzione della materia, e si espande nella Grande Purezza. Ahimè, per quanto facciate (o uomini!) vi occupate di cose irrilevanti come un capello, e restate all'oscuro del Grande Riposo”.

nero – *consiste* (deve consistere) in una configurazione (una traccia o *pattern*) quantistica reale, benché quell'idea in sé sia un costrutto puramente intellettuale o “virtuale”¹⁶. Una certa configurazione del campo “accende” un'idea o un istinto, o fa emergere un desiderio o attiva un movimento muscolare. E quella attivazione, del resto, è una dialettica; è una proiezione emessa da un polo e percepita da un altro polo (da un neurone all'altro); come se in ciascun Io ci fossero due circuiti: uno emittente e uno ricevente, la cui interazione sovrapposta determina l'identità individuale (cfr. la tab. 5.1 e l'eq. 7.3). Non sembra possibile affermare il contrario, cioè che un desiderio possa modificare uno stato quantistico, come invece asseriva Schrödinger (1944/1967: 92-93), seguendo un ragionamento tanto fallace quanto ingiustificato: (1) il mio corpo funziona come un meccanismo; (2) so di controllare i movimenti del mio corpo; (3) perciò controllo “il movimento degli atomi”. La causalità di questo ragionamento è fallata sin dal primo stadio perché (1) “il mio corpo” materiale innanzitutto dipende da strutture atomiche; (2) e l'inferenza “so di controllare” dipende da configurazioni del campo che determinano quel sapere; (3) perciò sembrerebbe più ragionevole pensare che “il movimento degli atomi” controlli il mio corpo, anziché il contrario. Il fatto che uno scienziato come Schrödinger abbia rifiutato – indirettamente – la logica scientifica, preferendo speculare sul principio della soggettività, significa che la mente umana – addirittura quella di un premio Nobel (nel 1933) – subisce l'ascendente di una cultura (morale, mistica, religiosa, ecc.) e di una struttura (della materia) molto più influenti di quanto si voglia credere: forse proprio perché “*the existence of consciousness, along with all other aspects of nature, is necessary for self-consistency of the whole*”¹⁷, come ha spiegato Geoffrey F. Chew (1968: 763), che ha sostenuto l'interconnessione di tutti i fenomeni naturali in una rete indistricabile di cause ed effetti. Tanto più che lo stesso Schrödinger (1958/1967) e poi Penrose (1994/2005) sono dovuti tornare sull'argomento della relazione tra la consapevolezza e la materia (o tra volontà e rappresentazione, per dirla con Schopenhauer), affrontandolo come un problema riguardante la “coscienza” fisiologica (e forse anche morale); ma senza riuscire a fornirne una definizione quantistica, come invece avrebbero voluto fare¹⁸.

La psicanalisi è giunta a una conclusione che – pur indicando i limiti dell'introspezione – riformula il dualismo arcaico e i paradossi della meccanica quantistica:

non appena i pensieri si rivolgono verso se stessi, cioè, diventano “pensieri di coscienza”, essi non possono evitare di trattare se stessi come esterni a se stessi. L'attività asimmetrica (e l'attività della coscienza è attività asimmetrica) non può evitare la separazione inerente alla contiguità e alla successione poiché queste due nozioni sono essenziali alla nozione di essere esterno. Eppure questa “riflessività” dei pensieri, che stabilisce la differenza tra pensieri come oggetti della coscienza e pensieri come coscienza, tende verso una misteriosa unità indivisibile di questi pensieri che noi vediamo come appartenenti a due categorie diverse. Forse la nascita della coscienza è “situata” proprio al punto esatto di incontro dei modi simmetrico e asimmetrico e sarebbe questa la ragione di questa strana elusività del fenomeno della coscienza (Matte Blanco 1975/2000: 252).

Tra il secondo e il terzo millennio la filosofia e la fisica, la psicoanalisi e la neurologia, pur seguendo percorsi diversi e senza appellarsi (espressamente) l'una all'altra, hanno raggiunto conclusioni complementari e, anzi, sincretiche: conclusioni più che omogenee, integrate reciprocamente. Ma tali conclusioni accrescono l'aura di mistero – il velo di Māyā – che circonda il sapere e, anzi, sembrano diffidare sempre più profondamente della possibi-

16 Si può dire che un'idea esista? *No* perché l'idea in sé (nella mente) è inaccessibile ai sensi degli altri. *Sì* perché l'idea corrisponde a una struttura – a uno schema – neuronale.

17 Trad. mia dall'ingl.: “l'esistenza della coscienza, insieme agli altri aspetti della natura, è necessaria per l'autoconsistenza del tutto”.

18 Risulta scientificamente insoddisfacente una definizione della coscienza come qualcosa associata con le funzioni di adattamento ai cambiamenti ambientali o “*with the learning of the living substance*” (Schrödinger 1958/1967: 105; trad. mia dall'ingl.: “con l'apprendimento della sostanza vivente”).

lità di sapere – di cogliere, di afferrare – le profondità dell’essere. Così il sincretismo si rivela triplice: una lettura comparata dell’opera di Hadot (1981/2002/2005) svela come le idee e le intuizioni radicali della filosofia buddhista fossero condivise anche dalla filosofia classica greca, a partire dal principio stoico di “sapere di non sapere”¹⁹.

La scienza fisica si è sviluppata in Occidente proprio a partire dai classici greci²⁰, ma ha abbandonato le componenti dell’analisi psichica (dal gr. *ψυχή*, ‘anima’) e degli esercizi spirituali, lasciando che se ne appropriasse il misticismo cristiano: la frattura dei codici ha implicato la frattura dei contenuti. Poi la scienza occidentale – forse per tentare di soddisfare una necessità innata della persona e della società – ha (ri)cercato in oriente quei contenuti rifiutati in opposizione alla religione occidentale – per es., introducendo la *mindfulness* (ingl., ‘consapevolezza’) come protocollo psicoterapeutico che (ri)codifica scientificamente la meditazione buddhista del “qui e ora” (Kabat-Zinn/Lipworth/Burney 1987), cioè il “*carpe diem*” (lat., ‘cogli il giorno’) epicureo²¹, oltreché con le ricerche di Capra (1975/2005) e di Zukav (1979) – solo per (ri)trovare nozioni e pratiche di cui già disponeva da millenni, o forse da sempre. E, d’altro canto, la filosofia occidentale è giunta a sviluppare teorie strutturaliste estremamente raffinate e funzionali – come la logica binaria di Boole (1847) e la filosofia del linguaggio di Ludwig Wittgenstein (1921), responsabili dello sviluppo delle intelligenze artificiali e delle scienze della comunicazione –, ma non ha compiuto alcun progresso nel percorso dell’introspezione spirituale rispetto ai classici greci: anzi, sembrerebbe che “ogni epoca deve riprendere questo compito, imparare a leggere e rileggere queste “vecchie verità”” (Hadot 1981/2002/2005: 68).

La fisica e la metafisica – in questo rapporto di reciprocità latente – sembrano rimettere altrove la possibilità di una comprensione complessiva dell’essere e della realtà, ma sembra che lo facciano timidamente; sembra che stentino ad ammettere esplicitamente la possibilità di una comprensione intuitiva o – almeno – “non esclusivamente intellettuale” della realtà, come invece ammette la psicanalisi:

il pensiero o la logica “coglie” nella sua rete qualcosa della natura di quel qualcosa esterno: coglie l’aspetto che può essere espresso in enunciati e quest’aspetto è parte del mondo stesso e in tal senso lo è anche la logica. Ciò non esclude la possibilità che vi possano essere altri aspetti del mondo – del designato – che non possono essere espressi o “capiti” in termini di logica. La logica (semantica) descrive solo una parte del mondo, la parte che si presta alla descrizione; ed è possibile che vi siano altri aspetti (Matte Blanco 1975/2000: 363).

L’epistemologia dei saperi istituzionali sembra orientarsi al misticismo o alla religione o al pensiero magico in genere, ma sembra solo che lo faccia, perché il sapere non riesce a confutare il proprio metodo, benché i risultati più estremi e più profondi della ricerca tendano proprio verso l’abbandono della razionalità totale: anzi, individuano una *circolarità* ineluttabile di sistemi – biologici, semantici, economici, ecc. – che dipendono da altri sistemi, senza potersene emancipare, cioè impossibili da ricondurre a un “motore unico”, come ha rilevato Ilexa B. Yardley (2010).

D’altro canto, le religioni sembrano soffrire una grave crisi proprio per la pervasività della scienza superdeterministica (i papi Benedetto XVI e Francesco hanno criticato fortemente il *relativismo* teologico, conseguente a quello scientifico); ma, per altro verso, l’esse-

19 Cfr. Platone, *Apologia di Socrate* (6): “Sono più sapiente di questa persona: forse nessuno dei due sa nulla di buono, ma lui pensa di sapere qualcosa senza sapere nulla, mentre io non credo di sapere anche se non so. Almeno per questo piccolo particolare, comunque sia, sembro più sapiente di lui: non credo di sapere quello che non so”.

20 Hubert/Mauss (1903) hanno spiegato che proprio la magia – con le sue associazioni tra cause simboliche ed effetti reali – sarebbe stata una scienza primordiale, precedente alla scienza storica.

21 Cfr. Orazio, *Odi* (I, 11): “Mentre parliamo, vedi, è già fuggito il tempo che c’invidia la vita, e la rapisce. Sappi cogliere allora il giorno come viene”.

re umano ha bisogno oggi più che mai della religione o della filosofia, per (re)imparare ad “affidarsi” alla funzione d’onda che l’Occidente ha chiamato *divina provvidenza* e che l’Oriente ha chiamato *karma* (sans., ‘fare’, ‘causare’, seguire la legge di causa-effetto) e che le società primitive i hanno chiamato con varie declinazioni della parola melanesiana *mana*. I saperi scientifici sembrano dire che l’Occidente fieramente laico ha bisogno di “*a religion, however, not opposed to the science, but supported by what disinterested research has brought to the fore*”²² (Schrödinger 1958/1967: 145). Oggi, forse, proprio per questo motivo le religioni estremiste come quella islamica riscuotono adesioni crescenti: rispondono a un’istanza mistica, sfruttando le potenzialità immaginifiche consentite dal pensiero magico, e accolgono la scienza come un mero strumento tecnico, anziché come una spiritualità alternativa, integrando la propria etica e la propria moralità con una struttura economica e finanziaria specifica (Hamaui/Mauri 2009; Biancone 2017).

L’Occidente saprà riunificare i saperi che ha dis-integrato (non solo nel settore scientifico, come rilevato in Arcangeli/Rossi 2017: 90-93)? O, invece, continuerà a partizionarsi internamente in schieramenti e fazioni, che sostengono o contrastano i vari pensieri unici, troppo facili da identificare in ogni diversità? Saprà riconoscere nella polverizzazione delle opinioni e nella liquidità delle relazioni – per dirla con Bauman (2011) – quel moto browniano tipico dei fenomeni entropici, che disperdono naturalmente l’energia e che ogni cultura, invece, si è sempre sforzata di ricondurre a un ordine unitario?

22 Trad. mia dall’ingl.: “una religione, comunque, non opposta alla scienza, ma supportata da ciò che la ricerca disinteressata ha svelato”.

Appendice 1: $E = mc^2$

L'eq. 3.17 non compare esplicitamente nel celebre articolo sul rapporto tra l'inerzia di un corpo e l'energia contenuta in esso, ma il fisico tedesco accennava solo l'idea in due righe di commento conclusivo: “*Gibt ein Körper die Energie L in Form von Strahlung ab, so verkleinert sich seine Masse um L/V^2* ”¹ (Einstein 1905b: 641).

Lì Einstein riconduceva esplicitamente la massa di una particella – un corpo di dimensioni microscopiche – alle leggi che regolano il mondo macroscopico, cioè usava la logica newtoniana delle grandezze macroscopiche per descrivere un fenomeno di ordine microscopico; perciò considerava possibile spiegare la teoria relativistica in termini classici, pre-relativistici, dovendo ancora compiere la transizione verso il suo modello rivoluzionario.

La fisica newtoniana dipende dall'eq. 3.1 ($F = ma$), che potrebbe descrivere anche la massa (m) dell'elettrone nell'orbita attorno al nucleo (anticipando di pochi anni il modello della struttura atomica sviluppato da Bohr e da Sommerfeld). Si può sostituire l'eq. 3.2 ($a = \Delta v / \Delta t$) nella 3.1 per ottenere:

$$[8.1] \quad F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$[8.2] \quad F \Delta t = m \Delta v$$

L'eq. 8.2 trasforma la 8.1, moltiplicando entrambi i membri della 8.1 per Δt . Così la forza (F) descrive come cambia (Δ) la posizione spaziale ($v = s/t$ secondo l'eq. 2.4) della massa (m) rispetto al variare del tempo (Δt). Ora l'eq. 8.2 si accantona, per recuperarla più avanti, insieme alla 8.7.

L'eq. 3.34 ($sF = mas$) definisce il “lavoro” secondo Coriolis (1829), perciò il lavoro si può esprimere moltiplicando entrambi i membri (sinistro e destro) della 8.1 per la variazione di spazio (Δs) in cui si osserva il moto dell'elettrone (m):

$$[8.3] \quad F \Delta s = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Delta s$$

L'eq. 2.4 ($v = s/t$) consente di specificare la 8.3, sostituendo il rapporto tra lo spazio e il tempo (s/t) alla velocità (v):

$$[8.4] \quad F \Delta s = m \frac{\Delta s}{\Delta t} \Delta s$$

La variabile Δt che divide la frazione $\Delta s / \Delta t$ nell'eq. 8.4 si può riscrivere come il rapporto $1/\Delta t$ che moltiplica quella frazione, ma che moltiplica anche la variabile Δs all'estrema destra dell'eq. 8.4, perciò il tutto si può scrivere come la 8.5 e quindi come la 8.6:

$$[8.5] \quad F \Delta s = m \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

¹ Trad. mia dal ted.: “Se un corpo cede l'energia L in forma di radiazione, allora la sua massa diminuisce di L/V^2 ”.

$$[8.6] \quad F \Delta s = m \frac{\Delta s^2}{\Delta t^2}$$

Il lavoro espresso al membro destro dell'eq. 8.6 coincide col *lavoro* definito da Coriolis nell'eq. 3.41 ($sF = mv^2$). L'eq. 8.6 è l'*energia* – il lavoro – a cui fa riferimento Einstein nel suo commento conclusivo con la variabile L , che si potrebbe riscrivere $E = mv^2$; una formula molto simile alla celebre $E = mc^2$, fatta eccezione per la velocità (v), che ancora doveva arrivare a coincidere col limite massimo universale (c). Inoltre la formula $E = mv^2$ era stata già suggerita da De Pretto (1904: 16-17) quando definiva l'energia delle “particelle dell'etere” come la classica forza di Coriolis. Insomma, l'idea di correlare l'energia al moto già circolava nella comunità scientifica: perciò il membro destro dell'eq. 8.6 si può semplificare con la lettera E , come nella 8.7, che descrive l'energia (E anziché il lavoro mv^2) come un *cambiamento relativo* allo spazio (Δs):

$$[8.7] \quad F\Delta s = E$$

L'eq. 8.7 descrive diversamente i fenomeni già descritti dalla fisica newtoniana, ma l'approccio relativistico – rivoluzionario – consiste nella possibilità di porre in relazione un sistema con un altro: l'eq. 8.2 e l'eq. 8.7 esprimono due aspetti complementari del comportamento dell'elettrone (considerato come un corpo qualsiasi) e si possono “relazionare” o “relativizzare”, cioè l'una si può commisurare all'altra: si può analizzare un'equazione in funzione dell'altra e viceversa; l'eq. 8.2 e la 8.7 si possono porre in un rapporto di reciprocità come $^{8.7}/_{8.2}$ (ma anche $^{8.2}/_{8.7}$ comporta lo stesso risultato finale, l'eq. 8.11, operando poche trasformazioni algebriche aggiuntive):

$$[8.8] \quad \frac{F \Delta s}{F \Delta t} = \frac{E}{m \Delta v}$$

L'eq. 8.8 descrive cosa accade al numeratore ($F\Delta s = E$) quando accade qualcos'altro al denominatore ($F\Delta t = m\Delta v$), cioè descrive come cambia la componente spaziale del sistema (Δs) quando cambia la componente temporale (Δt): l'eq. 8.8 considera spazio e tempo come componenti diverse di uno stesso *continuum*. La divisione tra le due funzioni ($^{8.7}/_{8.2}$) annulla le due variabili (F) al membro sinistro dell'eq. 8.8:

$$[8.9] \quad \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{E}{m \Delta v}$$

La solita eq. 2.4 ($v = s/t$) definisce il membro sinistro dell'eq. 8.9 (s/t), che si riscrive come la 8.10:

$$[8.10] \quad \Delta v = \frac{E}{m \Delta v}$$

La frazione al membro destro dell'eq. 8.10 si risolve moltiplicando il membro sinistro per il denominatore ($m\Delta v$):

$$[8.11] \quad m\Delta v^2 = E$$

L'eq. 8.11 descrive l'energia (E) come un cambiamento della velocità (Δv^2) a cui è sottoposta la massa (m) di un corpo. L'elettrone, che ha massa costante (m), si muove alla ve-

locità della luce (cfr. l'app. 4), anch'essa costante (c), perciò: $\Delta v = c$. Perciò l'eq. 8.11 risulta identica alla 3.17: $E = mc^2$.

L'eq. 3.17 significa che ogni corpo o addirittura ogni particella dotata di massa (m) contiene un'energia potenzialmente infinita, se la massa raggiunge la velocità della luce (c): infatti l'eq. 3.17 restituisce un risultato che tende all'infinito, come si può capire riscrivendola in termini di grandezze reali, come metri (m), chilogrammi (Kg) e secondi (s).

$$[8.12] \quad E = m \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

L'eq. 8.12 riscrive la 3.17 sostituendo il quadrato della velocità della luce (c^2) con la definizione fornita da Maxwell (1865) e discussa all'app. 4 (l'eq. 11.18). La massa (m) si misura in chilogrammi (Kg), la permeabilità magnetica nel vuoto (μ_0) si misura in henry al metro (H/m , il cui reciproco, dovuto alla frazione al membro destro della 8.12, è m/H) e la permittività elettrica nel vuoto (ϵ_0) si misura in farad al metro (F/m , il cui reciproco è m/F), perciò l'eq. 8.12 si riscrive come la 8.13, che a sua volta si riscrive come la 8.14, esplicitando gli henry e i farad in termini di ampere, metri, secondi e chilogrammi²:

$$[8.13] \quad E = \text{Kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{H}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{F}}$$

$$[8.14] \quad E = \text{Kg} \cdot \frac{\text{s}^2 \text{A}^2}{0,00000126 \text{ m Kg}} \cdot \frac{\text{m}^3 \text{ Kg}}{0,00000000000885 \text{ A}^2 \text{ s}^4}$$

$$[8.15] \quad E = \frac{\text{Kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{0,000\dots}$$

L'eq. 8.14 si semplifica nella 8.15: A^2 al numeratore annulla A^2 al denominatore; Kg al numeratore annulla Kg al denominatore; s^4 al denominatore annulla s^2 al numeratore e si riduce a s^2 ; m^3 al numeratore annulla m al denominatore e si riduce a m^2 . Al denominatore dell'eq. 8.15 sopravvivono i due coefficienti numerici che, moltiplicati tra loro, restituiscono un numero infinitesimo, che tende allo zero e che definisce la frazione come una singolarità, il cui risultato tende a infinito (cfr. il cap. 2). Perciò la singolarità (la divisione per zero) significa che qualsiasi corpo (anche un atomo), indipendentemente dalla sua massa (espressa in Kg), se viene accelerato alla velocità della luce ($c = 299.792.458 \text{ m}/\text{s}$) può esprimere un'energia (E) potenzialmente infinita.

Così la formula einsteiniana riedita il pensiero olografico delle filosofie arcaiche, secondo cui un solo capello può contenere abbastanza *mana* da sconvolgere il mondo, e un granello di sabbia può racchiudere un universo intero, e l'infinito può coincidere col nulla.

2 L'henry si misura: $\text{H} = \frac{0,00000126 \text{ m}^2 \text{ Kg}}{\text{s}^2 \text{A}^2}$. Il farad si misura: $\text{F} = \frac{0,00000000000885 \text{ A}^2 \text{ s}^4}{\text{m}^2 \text{ Kg}}$.

Appendice 2: la lunghezza di Planck

La lunghezza di Planck (ℓ_P) ha giocato un ruolo determinante nello sviluppo della teoria quantistica: l'idea di Planck (1900) – la quantizzazione della lunghezza d'onda delle radiazioni elettromagnetiche – implica l'idea di una lunghezza d'onda minima e comune a ogni sistema, cioè un valore minimo dell'energia espressa da qualsiasi sistema. Così i sistemi più vari si possono scomporre in elementi diversi, comunque tutti multipli di quel valore minimo di energia.

La lunghezza di Planck è l'unità di misurazione dello spazio definita come riferimento della teoria quantistica: è il *quanto* della lunghezza; è un'unità di misura minima – infinitesima e indivisibile – e costante (invariabile), a differenza di come si comportano le altre misure di lunghezza nella teoria relativistica (cfr. il cap. 3.2 sulle dilatazioni spaziale e temporale). La lunghezza di Planck è una *costante*, perciò deriva dalla composizione di altri valori costanti: la costante gravitazionale universale (G dell'eq. 3.10); la velocità della luce ($c = 299.792.458 \text{ m/s}$) e la costante di Planck ridotta ($\hbar = h/2\pi$, espressa in joule per secondi).

$$[9.1] \quad \ell_P = G^x c^y \hbar^z$$

L'eq. 9.1 significa che la lunghezza di Planck (ℓ_P) si calcola (=) come una composizione continua (le moltiplicazioni) delle tre costanti già accertate dalla fisica, ciascuna elevata ad un certo esponente incognito (x, y, z), da calcolarsi per risolvere il problema della lunghezza di Planck.

Innanzitutto si definiscono le tre costanti fondamentali (G, c e \hbar) in termini delle loro rispettive unità di misurazione.

$$[9.2] \quad G = \frac{F r^2}{M^2}$$

L'eq. 9.2 esplicita la costante G (individuata nell'eq. 3.10), considerando quadrato della massa (M^2) come il prodotto delle masse (xy) dei corpi coinvolti nella forza di "attrazione" gravitazionale, misurate in Kg. La distanza tra i corpi (r) si misura in metri (m). La forza (F) si esprime in newton ($N = \text{Kga}$), cioè in Kg per accelerazione (a), cioè in Kg per metri (m) al secondo quadrato (s^2), come già spiegato con l'eq. 3.7. Perciò l'eq. 9.2 si può riscrivere come la 9.3.2:

$$[9.3.1] \quad G = \frac{\text{Kg} a r^2}{\text{Kg}^2}$$

$$[9.3.2] \quad G = \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{m}^2}{\text{Kg}}$$

L'eq. 9.3.2 annulla i Kg al numeratore della 9.3.1, dividendoli per i Kg^2 al denominatore, che a loro volta si riducono a Kg; e definisce il quadrato del raggio (r^2) in termini di metri quadri (m^2).

$$[9.3.3] \quad G = \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2 \text{Kg}}$$

$$[9.3.4] \quad G = \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{Kg}}$$

L'identità 9.3.4 si può esprimere in termini esponenziali, traducendo le frazioni in esponenti negativi¹, per ricondurre la forma dell'equazione 9.3.4 alla forma non-frazionaria della 9.1:

$$[9.3.5] \quad G = \text{m}^3 \text{s}^{-2} \text{Kg}^{-1}$$

La velocità della luce (c) – la seconda costante dell'eq. 9.1 – si esprime come un rapporto tra spazio e tempo, secondo la formulazione già fornita con la solita eq. 2.4 ($v = \text{m}/\text{s}$), che esprime lo spazio in metri (m) e il tempo in secondi (s), riconducendo la formulazione in termini esponenziali non-frazionari:

$$[9.4] \quad c = \text{m}^1 \text{s}^{-1}$$

La costante di Planck (\hbar) – la terza costante dell'eq. 9.1 – si misura in joule (J) per secondi (s): $\hbar = \text{Js}$; e il joule si misura come newton per metri ($\text{J} = \text{Nm}$). Perciò:

$$[9.5.1] \quad \hbar = \text{Nms}$$

E poiché $\text{N} = \text{Kga}$, come già visto per il passaggio dall'eq. 9.2 alla 9.3.1:

$$[9.5.2] \quad \hbar = \text{Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ms}$$

$$[9.5.3] \quad \hbar = \text{Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

L'identità 9.5.3 si può riscrivere in termini esponenziali per adottare la stessa forma non-frazionaria della 9.1:

$$[9.5.4] \quad \hbar = \text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{Kg}^1$$

La definizione delle tre costanti universali in termini di unità di misura (eq. 9.3.5, eq. 9.4 e eq. 9.5.4) consente di riscrivere la stessa eq. 9.1 in termini di unità di misura, sostituendo i membri destri di ciascuna equazione a ciascuna costante che compare al membro destro della 9.1:

$$[9.6.1] \quad \ell_P = (\text{m}^3 \text{s}^{-2} \text{Kg}^{-1})^x (\text{m}^1 \text{s}^{-1})^y (\text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{Kg}^1)^z$$

L'eq. 9.6.1 si può riscrivere raccogliendone gli esponenti incogniti (x, y, z) a fattore comune:

1 Si applica la regola generale: $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$.

$$[9.6.2] \quad \ell_P = m^{3x+y+2z} s^{-2x-y-z} \text{Kg}^{-x+z}$$

Il calcolo della *lunghezza* di Planck implica una definizione in termini esclusivi di spazio, cioè di metri (m), escludendo le altre due costanti ($s^0 = 1$ e $\text{Kg}^0 = 1$)² dal calcolo, affinché $\ell_P = m$ (l'eq. 9.7.3). Perciò:

$$[9.7.1] \quad \ell_P = m^1 s^0 \text{Kg}^0$$

$$[9.7.2] \quad m^1 s^0 \text{Kg}^0 = m^1$$

$$[9.7.3] \quad \ell_P = m$$

L'eq. 9.1 assegna un esponente (x, y, z) a ciascuna costante (G^x, c^y, \hbar^z), cosicché calcolare il valore di ciascun esponente (al membro destro della 9.1) consente di calcolare ℓ_P (al membro sinistro). Per fare ciò si deve risolvere il sistema di equazioni degli esponenti individuati dall'eq. 9.6.2 e dalla 9.7.1:

$$[9.8.1] \quad \begin{cases} 3x + y + 2z = 1 \\ -2x - y - z = 0 \\ -x + z = 0 \end{cases}$$

La terza equazione in basso del sistema 9.8.1 ($-x+z = 0$) implica $z = x$. Perciò l'equazione al centro diventa $-2x - y - x = 0$ (sostituendo z con x), che calcola $-3x - y = 0$; e perciò $-3x = y$. I due risultati calcolati dalle ultime due equazioni del sistema 9.8.1 ($z = x$ per l'equazione in basso; $-3x = y$ per l'equazione centrale) consentono di riscrivere la prima equazione del sistema come: $3x - 3x + 2x = 1$, che calcola $2x = 1$, cioè $x = 1/2$. Così i tre risultati consentono di risolvere il sistema 9.8.1:

$$[9.8.2] \quad \begin{cases} x = \frac{1}{2} \\ y = -\frac{3}{2} \\ z = \frac{1}{2} \end{cases}$$

I valori dei tre esponenti calcolati col sistema 9.8.2 si possono sostituire alle incognite dell'eq. 9.1 per ottenere:

$$[9.9.1] \quad \ell_P = G^{\frac{1}{2}} c^{-\frac{3}{2}} \hbar^{\frac{1}{2}}$$

Gli esponenti negativi dell'eq. 9.9.1 si traducono in frazioni e gli esponenti frazionari si traducono in radici quadrate³. Perciò:

$$[9.9.2] \quad \ell_P = \sqrt{\frac{G \hbar}{c^3}}$$

2 Un numero (n) elevato alla potenza 0 (n^0) restituisce 1 perché $n^0 = n^{x-x}$, e $n^{x-x} = \frac{n^x}{n^x}$ perciò $\frac{n^x}{n^x} = 1$.

3 Si applica la regola generale: $a^{\frac{x}{y}} = \sqrt[y]{a^x}$.

L'eq. 9.9.2 precisa la lunghezza di Planck (ℓ_p) come un valore costante (calcolato in base ad altre tre costanti) molto piccolo perché si calcola dividendo $G\hbar$ per il cubo della velocità della luce (c^3 , un numero enorme), da cui estrarre la radice quadrata: la divisione restituisce un numero microscopico e la radice quadrata lo riduce ulteriormente. Numericamente: $\ell_p = 1,616 \times 10^{-35} \text{m}$.

Appendice 3: la costante di struttura

La *costante di struttura* (indicata con la lettera greca α) descrive l'interazione elettromagnetica atomica, cioè la forza che consente la gravitazione degli elettroni attorno al nucleo di un atomo. Sommerfeld (1919) la introdusse per descrivere il moto dell'elettrone nella prima orbita dell'atomo d'idrogeno, strutturato secondo il modello di Bohr (1913); ribadendo la possibilità di descrivere la dimensione microscopica appellandosi alla logica descrittiva del macrocosmo, proprio come già fatto da Einstein (cfr. l'app. 1): la tendenza a simmetrizzare entità opposte sembra partecipare al pensiero scientifico (per cui i fenomeni macroscopici replicano quelli microscopici) come anche al pensiero magico (per cui la parte vale per il tutto).

La forza elettrostatica (F_e) – descritta dalla legge di Coulomb con l'eq. 4.3 – si può riscrivere come:

$$[10.1] \quad F_e = \frac{e^2}{4\pi r^2}$$

L'eq. 10.1 sostituisce il prodotto xy dell'eq. 4.3 (le due cariche elettriche) col quadrato della carica di un solo elettrone (e^2) in orbita attorno al nucleo atomico perché l'elettrone ha carica costante.

La forza elettrostatica compensa la forza centripeta della gravitazione ($F_c = mv^2/r$), perciò le due forze si eguagliano ($F_e = F_c$):

$$[10.2] \quad \frac{e^2}{4\pi r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

L'eq. 10.2, risolta per e , consente di descrivere la carica dell'elettrone (e):

$$[10.3] \quad e^2 = \frac{4\pi r^2 mv^2}{r}$$

$$[10.4] \quad e^2 = 4\pi r m v^2$$

L'eq. 10.4 si può quantizzare, dividendo entrambi i membri (sinistro e destro) per la costante di Planck ridotta (\hbar), seguendo la stessa logica già usata per quantizzare l'eq. 5.2:

$$[10.5] \quad \frac{e^2}{\hbar} = \frac{4\pi r m v^2}{\hbar}$$

Le costanti dell'eq. 10.5 si possono raccogliere al membro sinistro (della 10.6), lasciando al membro destro le variabili della forza centripeta (r, m, v^2) quantizzate (\hbar):

$$[10.6] \quad \frac{e^2}{4\pi \hbar} = \frac{r m v^2}{\hbar}$$

Il membro sinistro dell'eq. 10.6 individua solo valori costanti: la carica dell'elettrone (e), il pi greco (4π) e la costante di Planck ridotta (\hbar , che sopravvive al denominatore del membro destro per significare la quantizzazione delle tre variabili r, m, v^2). Perciò il mem-

bro sinistro dell'eq. 10.6 si può riassumere come una costante autonoma (α), che ha un valore numerico risultante dai calcoli:

$$[10.7] \quad \alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar}$$

$$[10.8] \quad \frac{e^2}{4\pi\hbar} \approx \frac{1}{137}$$

L'eq. 10.7 implica che il membro destro della 10.6 (costituito da sole variabili) restituisca sempre lo stesso valore costante ($\alpha \approx 1/137$ secondo la 10.8), indipendentemente dall'entità delle tre grandezze variabili (r, m, v). Ciò significa che l'interazione elettromagnetica delle particelle dipende da una costante strutturale (α): il fatto che il rapporto tra le variabili al membro destro dell'eq. 10.6 debba restituire sempre un risultato approssimabile (\approx) a $1/137$ significa che i valori (r, m, v) possono variare solo entro uno spettro discreto, limitato e definito, che risulta proprio dalla quantizzazione. Quelle variabili devono rispettare una struttura universale costante (α), che sembra coerente col principio di esclusione di Pauli (1925), secondo cui gli elettroni possono occupare solo certi orbitali (r) per certi livelli di energia costanti (mv^2). Dirac lo considerava uno degli enigmi più rilevanti per la fisica (Barone/Dirac 2019: 80-84).

Il valore finale della costante è molto specifico ($1/137,035999084\dots = 0,00729735256449117909\dots$) e dipende dall'accuratezza delle misurazioni della carica dell'elettrone (la cui precisione migliora negli anni, col progresso tecnologico); ma il valore della frazione approssimativa ($\alpha \approx 1/137$) dimostra una proprietà curiosa del risultato della divisione al membro destro, che lascia intendere come la simmetria, tipica del pensiero associativo (magico, inconscio, ecc.), insista anche nell'interpretazione dei risultati scientifici più raffinati: $1/137 = 0,007299270072992700\dots$ il quoziente dopo il primo zero ripete un valore palindromo (07299270) – che si può leggere indifferentemente da sinistra verso destra come anche da destra verso sinistra – perciò un numero (e solo un numero) che l'inconscio riconosce come sommamente simmetrico (le cifre 0729 si rispecchiano nelle successive 9270, che si rispecchiano a loro volta nelle successive 0729, ecc.) e che, forse, la comunità scientifica considera una costante tanto fondamentale proprio per questa sua somiglianza con la struttura dell'inconscio; o, forse, un numero che risulta tanto simmetrico proprio perché rispecchia la struttura profonda della cultura che lo ha calcolato.

Appendice 4: la velocità della luce

Galileo Galilei (1638) propose di misurare la velocità della luce usando due lanterne con sportello poste a un miglio di distanza l'una dall'altra: una persona avrebbe aperto lo sportello di una lampada e l'altra persona avrebbe fatto altrettanto appena avesse visto la luce della prima lampada, cosicché la prima persona potesse registrare il ritardo tra le due emissioni di luce (al netto del tempo di reazione della persona che avrebbe aperto lo sportello della seconda lampada). Purtroppo i tempi di latenza delle azioni umane sono troppo irregolari e i sistemi di misurazione del tempo allora erano troppo imprecisi per consentire a Galilei di registrare un ritardo nell'osservazione del comportamento della luce, che infatti gli risultò capace di spostarsi istantaneamente da un punto all'altro dello spazio.

Ole Christensen Rømer (1676) compì il primo passo verso la determinazione della velocità finita della luce mentre osservava il moto di Io, un satellite del pianeta Giove. L'astronomo studiò le eclissi di Io, che passa ciclicamente dietro a Giove durante il percorso dell'orbita attorno al pianeta; e rilevò un ritardo di 22 minuti (1320 secondi) tra le eclissi di Io osservate quando la Terra si trova vicino a Giove, rispetto a quando la Terra si trova lontano da Giove, agli antipodi dell'orbita terrestre attorno al Sole (con uno scarto di 6 mesi tra un punto e l'altro dell'orbita terrestre). Perciò l'astronomo dedusse che la luce proveniente da Io compie un percorso più lungo in certi periodi dell'anno, considerato il moto di Io come uniforme, privo di accelerazioni o decelerazioni. La differenza di lunghezza del tragitto percorso dalla luce equivale al diametro dell'orbita terrestre attorno al Sole che misura 299.196.522m (quasi 300Km).

Christiaan Huygens (1690) usò i dati raccolti da Rømer per calcolare l'eq. 2.4 ($v = s/t$), mettendo in relazione il ritardo delle eclissi con il diametro dell'orbita terrestre attorno al Sole. Così calcolò la velocità con cui la luce riflessa da Io percorre il tragitto responsabile del ritardo delle eclissi: $c = \frac{\text{diametro}}{\text{ritardo}} = \frac{299.196.522\text{m}}{1320\text{s}} = 226.664\text{Km/s}$, un valore prossimo a quelli precisati da due ricercatori francesi del XIX sec. (Fizeau e Foucault) con i loro apparati meccanici per la misurazione della velocità angolare.

Armand-Hippolyte Fizeau (1849) proiettava un raggio luminoso¹ per 8633 metri verso uno specchio che rifletteva la luce indietro per altri 8633m fino a uno schermo di visualizzazione. Una ruota con 720 denti lungo il bordo era collocata sulla traiettoria del raggio luminoso, cosicché la luce potesse passare oltre i fori della ruota oppure fosse bloccata dai denti della ruota. La ruota veniva fatta girare, facendo sfarfallare la luce, finché non fosse stata trovata la velocità di rotazione a cui la luce passava *all'andata e al ritorno* attraverso i fori, evitando i denti, perciò stabilizzando l'immagine finale e mostrandola senza sfarfallii: una velocità di rotazione adeguata consentiva alla luce di transitare per un foro all'andata e di percorrere la traiettoria inversa durante il periodo temporale necessario per allineare un altro foro sul tragitto di ritorno, eliminando lo sfarfallio.

La matematica di quell'esperimento si deve derivare analiticamente perché Fizeau non la descrisse, limitandosi a restituire il risultato dei propri "semplici calcoli".

Un dispositivo di misurazione – che scatta ad ogni passaggio di un dente – conta il numero (n) di rotazioni ($2\pi = 360^\circ$) compiuti dalla ruota, cosicché se ne possa misurare la velocità angolare. Si misura l'ampiezza dell'angolo (β), anziché lo spazio (s), nella solita eq. 2.4 ($v = s/t$). Così l'eq. 2.4 si riscrive in termini di radianti: $\beta/t = 2\pi$, che implica la formulazione 11.1, in cui il denominatore (t) si esplicita come un termine frazionario ($1/t$):

$$[11.1] \quad \frac{1}{t}\beta = n 2 \pi$$

¹ All'epoca una fonte luminosa diffusa (come la luce solare o quella di una lampada) andava focalizzata con l'uso di un sistema di lenti, mentre oggi si può usare un *laser*.

Il termine $1/l$ al membro sinistro dell'eq. 11.1 si riformula trasformando la solita eq. 2.4 (sostituendo la costante c alla variabile v): $1/l = c/s$, che si precisa come $1/l = c/17.266$ perché il raggio di luce percorre 2 volte lo spazio (s al denominatore) di 8633m ($17.266 = 2 \times 8633$). Mentre la misura angolare ($\beta = 2\pi/720$) si definisce suddividendo l'angolo giro ($2\pi = 360^\circ$) per il numero dei denti della ruota (720). Perciò l'eq. 11.1 si riscrive come la 11.2:

$$[11.2] \quad \frac{c}{17.266} \cdot \frac{2\pi}{720} = n 2\pi$$

Si esplicita l'incognita c al membro sinistro dell'eq. 11.2 (moltiplicando tutti i membri per 17.266, per 720 e dividendoli per 2π), ottenendo la formula risolutiva 11.3:

$$[11.3] \quad c = \frac{720 n 2\pi 17.266}{2\pi}$$

L'eq. 11.3 si semplifica ulteriormente, operando la divisione tra i due elementi identici ($2\pi/2\pi = 1$):

$$[11.4] \quad c = 720n17.266$$

Fizeau rilevò la sparizione dello sfarfallio – cioè la stabilizzazione della luce, sincronizzata con la velocità di rotazione della ruota – a una velocità di 25,2 giri al secondo; perciò, sostituendo $n = 25,2$ nell'eq. 11.4, ottenne $c = 720 \times 25,2 \times 17.266 = 313.274.304^m/s$.

Invece Léon Foucault (1854) proiettava un raggio luminoso verso uno specchio rotante, che rifletteva la luce verso uno specchio fisso, da dove la luce tornava allo specchio rotante e quindi al punto di origine, cosicché l'immagine riflessa risultasse più o meno discosta dal punto di emissione, a seconda dell'angolo di riflessione dovuto alla rotazione dello specchio. La rotazione dello specchio sposta continuamente la posizione dell'immagine riflessa: perciò lo sperimentatore cerca la velocità di rotazione dello specchio che stabilizza l'immagine, cioè che ne interrompe lo spostamento.

La velocità angolare di rotazione dello specchio si indica come $\omega = \beta/t$: la lettera ω , che rappresenta un angolo, sostituisce la v nell'eq. 2.4, mentre la lettera β sostituisce la s . L'apparato di Foucault misura la velocità angolare (ω) come l'inclinazione dello specchio (β) al variare del tempo (t); e invertendo i termini si ricava l'eq. 11.5:

$$[11.5] \quad t = \frac{\beta}{\omega}$$

La solita eq. 2.4, per la velocità della luce ($c = s/t$), definisce: $t = s/c$. Quindi l'eq. 11.6 si deriva dall'identità $t = t$ (eq. 2.4 = eq. 11.5) e si esplicita la c per ottenere la formula risolutiva 11.7:

$$[11.6] \quad \frac{s}{c} = \frac{\beta}{\omega}$$

$$[11.7] \quad c = \frac{s\omega}{\beta}$$

I dati sperimentali – che variano a seconda del tragitto (s) percorso dal raggio luminoso, della velocità angolare dello specchio (ω) e dell'ampiezza dell'inclinazione (β) – restituiscono un rapporto di circa $298.000^{\text{Km}}/s$.

Dopo l'avvento della teoria di Maxwell (1865; 1873) – descritta con le quattro equazioni seguenti (dalla 11.8 alla 11.11) – fu possibile calcolare la velocità della luce indirettamente, derivandola dal rapporto tra la componente elettrica e quella magnetica del campo perché la natura ondulatoria della luce – già dimostrata dall'esperimento della fenditura doppia di Young (1802) – assimilava l'emissione dei fotoni a una manifestazione del campo elettromagnetico, che esprime onde di cui si può misurare la frequenza. Il fotone viene considerato il mediatore del campo elettromagnetico perché le informazioni che costituiscono il campo viaggiano (nel vuoto) alla velocità della luce, ma possono anche essere rallentate – mai accelerate oltre la velocità della luce – alterando artificialmente le resistenze elettriche del campo (anche l'aria, l'acqua e gli altri elementi naturali oppongono resistenze diverse alla trasmissione delle informazioni nel campo).

$$[11.8] \quad \nabla \cdot E = \rho$$

L'eq. 11.8 – o *legge di Gauss* (1813) – stabilisce che la carica elettrica è la fonte del campo elettrico: una singola carica (ρ), positiva o negativa, diffonde ($\nabla \cdot$) un campo elettrico (E), positivo o negativo.

L'operatore ∇ (*nabla*) – introdotto da William R. Hamilton (1853: 610) – rappresenta la derivazione parziale (∂) di un sistema composto da almeno tre incognite (un campo vettoriale nello spazio tridimensionale classico), cioè identifica una matrice (a tre colonne) che aggrega le derivate parziali rispetto a ogni coordinata del campo (x, y, z : lunghezza, altezza e profondità) e così descrive il comportamento di ciascun vettore del campo. L'operatore *nabla* rappresenta la *divergenza* (la diffusione) di un campo vettoriale (lungo le tre dimensioni), se si relaziona al segno moltiplicativo puntato (\cdot), come nell'eq. 11.8; mentre rappresenta il *rotore* (la rotazione) di un campo vettoriale, se si relaziona al segno moltiplicativo crociato (\times , che è proprio una rotazione del segno $+$, come già spiegato al cap. 1), per es., nell'eq. 11.10; e rappresenta il *gradiente* (la variazione d'intensità) di un campo vettoriale, se si relaziona senza l'interposizione di segni (per es., ∇A).

$$[11.9] \quad \nabla \cdot B = 0$$

L'eq. 11.9 stabilisce che la fonte del campo magnetico è nulla: niente (0), di per sé, può diffondere ($\nabla \cdot$) un campo magnetico (B) perché il campo magnetico esiste in natura come un dipolo. Il campo magnetico dipende da due poli (Nord e Sud), anziché da uno solo, come invece si riscontra per il campo elettrico (E) generato da una sola carica (ρ). Il campo magnetico ha linee di forza chiuse (che vanno dal polo Nord al polo Sud) che si annullano reciprocamente, mentre il campo elettrico ha linee di forza aperte che si diffondono nello spazio.

$$[11.10] \quad \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

L'eq. 11.10 – *legge di Faraday* (1832) – stabilisce che uno spostamento del campo magnetico nello spazio (∂B), per un certo periodo di tempo (∂t), attiva la rotazione ($\nabla \times$) di un campo elettrico (E) con orientamento complementare ($-$) all'orientamento del campo magnetico.

$$[11.11] \quad \nabla \times B = \frac{\partial E}{\partial t} \mu_0 \epsilon_0$$

L'eq. 11.11 – *legge di Ampère* (1826) – stabilisce che uno spostamento temporaneo (∂t) di un campo elettrico (∂E) attiva la rotazione ($\nabla \times$) di un campo magnetico (B) in funzione della permeabilità magnetica (μ) e della permittività elettrica (ϵ) del vuoto (0) o di un *medium* particolare (μ_r, ϵ_r), più o meno isolante o conduttore (per es., l'acqua e il legno interagiscono diversamente col campo elettrico e con quello magnetico, come l'aria rallenta la velocità della radiazione luminosa, a causa dell'interazione tra le particelle dell'atmosfera terrestre e i fotoni, che invece nel vuoto siderale non incontrano ostacoli).

L'eq. 11.10 descrive un legame funzionale tra entità diverse: il campo elettrico (E) al membro sinistro e il campo magnetico (B) al membro destro; ma l'identità 11.10 si ridurrebbe al solo campo elettrico (eq. 11.13), se l'operatore rotazionale ($\nabla \times$) moltiplicasse entrambi i membri della 11.10, come avviene nell'eq. 11.12, e se il membro destro dell'eq. 11.11 sostituisse la componente magnetica ($\nabla \times B$) dell'eq. 11.12:

$$[11.12] \quad \nabla \times \nabla \times E = -\frac{\partial}{\partial t} \nabla \times B$$

$$[11.13] \quad \nabla^2 E = \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \mu_0 \epsilon_0$$

L'eq. 11.13 indica una derivata di secondo grado (che descrive l'onda del campo elettrico)², risultante dalla moltiplicazione tra la frazione $\partial/\partial t$ e la frazione $\partial E/\partial t$. Alla derivata seconda corrisponde l'operatore di Laplace ($\nabla^2 E$)³, che definisce anch'esso una derivata di secondo grado – semplificata rispetto a una sola dimensione spaziale (x) del campo, con esclusione delle altre due (y e z) – come indica l'eq. 11.14:

$$[11.14] \quad \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \mu_0 \epsilon_0$$

L'eq. 11.14 (secondo cui il campo elettrico si espande nello spazio, solo se il campo si espande anche nel tempo) si risolve per il prodotto delle costanti di permeabilità e di permittività nel vuoto ($\mu_0 \epsilon_0$), operando poche trasformazioni algebriche; dividendo entrambi i membri per $\partial^2 E$, moltiplicandoli per $\partial^2 t$ (eq. 11.15), e riducendo il numeratore ($\partial^2 E$) identico al denominatore, con l'eq. 11.16:

$$[11.15] \quad \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial t^2}{\partial^2 E} = \mu_0 \epsilon_0$$

$$[11.16] \quad \frac{\partial t^2}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0$$

2 L'applicazione di un rotore ($\nabla \times$) all'eq. 11.11 – come per la 11.10 riscritta con la 11.12 – fornisce una definizione del campo magnetico complementare alla 11.14 per il campo elettrico: $\frac{\partial^2 B}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial t^2}{\partial^2 B} = \mu_0 \epsilon_0$.

3 L'identità $\nabla \times \nabla \times E = -\nabla^2 E$ (il cui segno negativo, reso positivo, rende positivo anche il membro destro dell'eq. 11.13) deriva da trasformazioni algebriche complesse, che però si possono intuire, se si immagina il rotore ($\nabla \times E$) come la descrizione di tre spostamenti contemporanei di un corpo che ruota nello spazio tridimensionale: uno spostamento positivo, composto, tanto sull'asse x (\rightarrow) quanto sull'asse y (\uparrow); un altro spostamento positivo sull'asse z (\nearrow) composto con uno negativo sull'asse x (\leftarrow); l'ultimo spostamento positivo sull'asse y (\uparrow) composto con uno negativo sull'asse z (\swarrow). La rotazione (ideale) del rotore del campo elettrico ($\nabla \times \nabla \times E$) compone gli spostamenti del rotore ($\nabla \times E$) con altrettante variazioni ($\nabla \times$) e li condensa (li ripiega) in un gradiente esponenziale negativo ($-\nabla^2 E$): l'*operatore di Laplace* (1798-1825).

Il reciproco dell'eq. 11.16 (dividendo tutti i membri dell'eq. 11.16 per ∂t^2 e per $\mu_0 \epsilon_0$, e moltiplicandoli per ∂x^2) svela un'analogia fondamentale:

$$[11.17] \quad \frac{\partial x^2}{\partial t^2} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

Il membro sinistro dell'eq. 11.17 – il quadrato della variazione di una componente spaziale (∂x^2) rispetto (\wedge) al quadrato della variazione temporale (∂t^2) – rappresenta il quadrato della velocità ($v = \frac{\partial x}{\partial t}$), posto che le variazioni si possono rappresentare come valori assoluti ($x = \partial x$ e $t = \partial t$). La velocità espressa al membro sinistro dell'eq. 11.17 si calcola con le *costanti* di permeabilità magnetica e di permittività elettrica nel vuoto ($\mu_0 \epsilon_0$), perciò quella velocità è anch'essa una grandezza costante, onnipresente nel campo. La luce, che viaggia a velocità costante (c), è la radiazione fondamentale del campo elettromagnetico:

$$[11.18] \quad c^2 = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

This velocity is so nearly that of light, that it seems we have strong reasons to conclude that light itself (including radiant heat, and other radiations if any) is an electromagnetic disturbance in the form of waves propagated through the electromagnetic field according to electromagnetic laws⁴ (Maxwell 1865: 466).

Rosa/Dorsey (1907), basandosi sulla teoria di Maxwell, costruirono diversi condensatori, per misurarne la capacità di resistenza in termini di permittività (ϵ) e di permeabilità (μ), ottenendo 299.710 km/s come soluzione all'eq. 11.18. Altri ricercatori sperimentarono sistemi più complessi per misurare le componenti del campo elettromagnetico – di cui Dominique Raynaud (2013) ha compilato un elenco esaustivo – fino a calcolare il valore attuale, $c = 299.792.458 \text{ m/s}$, coerente con i risultati già ottenuti da Huygens, da Fizeau e da Foucault. Perciò è ragionevole pensare che la radiazione elettromagnetica (nel vuoto) viaggi alla velocità (costante) della luce (nel vuoto); perciò il fotone – il quanto della radiazione luminosa – deve essere il mediatore – il quanto – della radiazione elettromagnetica.

4 Trad. mia dall'ingl.: “Questa velocità si avvicina così tanto a quella della luce, che crediamo di avere forti motivi per concludere che la luce stessa (compreso il calore radiante, e altre radiazioni eventuali) sia un disturbo elettromagnetico in forma di onde propagate nel campo elettromagnetico secondo le leggi dell'elettromagnetismo”.

Bibliografia

- Alhazen A. (1021), *Kitāb al Manāẓir* o *Perspectiva*, manoscritto.
- Ampère A.M. (1826), *Théorie des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'expérience*, Paris, Méquignon-Marvis.
- Anderson C.D. (1932), *The Positive Electron*, "Physical Review", v. 43, n. 6, p. 491-494.
- Andolfi M. (2015), *La terapia familiare multigenerazionale*, Milano, Raffaello Cortina.
- Anonimo (X-VII sec. a.C.), *Yìjīng*, <https://ctext.org/book-of-changes>.
- Anonimo (VI-IV sec. a.C.), *Dàodéjīng*, <https://ctext.org/dao-de-jing>.
- Annunziato A.T. (2008), *DNA Packaging: Nucleosomes and Chromatin*, "Nature Education", v. 1, n. 1, p. 26.
- Arcangeli M. (2016), *All'alba di un nuovo medioevo. Comunicazione e informazione al tempo di Internet*, Roma, Castelvecchi.
- Arcangeli M., Rossi O.D. (2017), *Fronte del porno. Il sesso occidentale. Cultura, lingua, rappresentazione dell'eros dagli albori a Internet*, Milano, Franco Angeli.
- Archer M. (2000), *Being Human: the Problem of Agency*, Cambridge, University Press.
- Arrhenius S.A. (1884), *Recherches sur la conductivité galvanique des électrolytes*, Stockholm, Norstedt.
- Asimov I. (1962), *The Genetic Code*, New York, New American Library; (1968) *Il codice genetico*, Torino, Einaudi.
- Austin J.L. (1962), *How to Do Things with Words: The William James Lectures delivered at Harvard University in 1955*, Oxford, Clarendon.
- Baaquie B.E. (2004), *Quantum Finance: Path Integrals and Hamiltonians for Options and Interest Rates*, Cambridge, University Press.
- Bandler R., Grinder J. (1975), *The Structure of Magic I*, Palo Alto, Science and Behavior.
- Bandler R., Grinder J. (1976), *The Structure of Magic II*, Palo Alto, Science and Behavior.
- Barone V. (2019), *L'anima pura della fisica. La filosofia naturale di Paul A.M. Dirac*, in Barone V. (ed.), Dirac P.A.M. (2019), *La bellezza come metodo. Saggi e riflessioni su fisica e matematica*, Milano, Raffaello Cortina, pp. 9-37.
- Basile G. (2013), *Broca and the General Language Faculty*, "Rivista internazionale di filosofia e psicologia", v. 4, n. 2, pp. 170-180.
- Baudrillard J. (1976), *L'échange symbolique et la mort*, Paris, Gallimard.
- Baudrillard J. (1981), *Simulacres et Simulation*, Paris, Galiléé.
- Bauer A.J., Just M.A. (2015), *Monitoring the Growth of the Neural Representations of New Animal Concepts*, "Human Brain Mapping", v. 36, n. 8, pp. 3213-3226.
- Bauman Z. (2002), *Society under Siege*, Oxford, Blackwell.
- Bauman Z. (2006), *Homo consumens. Lo sciame inquieto dei consumatori e la miseria degli esclusi*, Gradolo, Erickson.
- Bauman Z. (2011), *Culture in a Liquid Modern World*, Cambridge, Polity.
- Bekenstein J.D. (1973), *Black Holes and Entropy*, "Physical Review D", v. 7, n. 8, pp. 2333-2346.
- Bekenstein J.D. (2007), *Information in the Holographic Universe*, "Scientific American", v. 17, n. 1s, pp. 66-73.
- Beléndez A. (2015), *Dennis Gabor, "Father of Holography"*, "OpenMind", www.bbvaopenmind.com/en/dennis-gabor-father-of-holography/.
- Bell J.S. (1964), *On the Einstein Podolsky Rosen Paradox*, "Physics", v. 1, n. 3, pp. 195-200.
- Bellamy E. (1888), *Looking Backward: 2000-1887*, Boston, Ticknor.
- Bennet A. (1789), *New Experiments on Electricity*, Lincoln, Drewry.

- Berend D., Dolev S., Frenkel S., Hanemann A. (2016), *Towards Holographic "Brain" Memory Based on Randomization and Walsh-Hadamard Transformation*, "Neural Networks", v. 77, pp. 87-94.
- Bergson H. (1896), *Matière et Mémoire*, Paris, Alcan; (2013) *Materia e memoria*, Roma-Bari, Laterza.
- Bernanos G. (1972), *La liberté, pour quoi faire?*, Paris, Gallimard.
- Berne E. (1953), *Concerning the Nature of Communication*, "The Psychiatric Quarterly", 27, pp. 185-198, Berlin, Springer.
- Berne E. (1964), *Games People Play: The Psychology of Human Relations*, New York, Grove Press.
- Berners-Lee T. (1989), *Information Management: A Proposal*, dattiloscritto trasmesso al CERN, www.w3.org/History/1989/proposal.html.
- Berkeley G. (1709), *An Essay Towards a New Theory of Vision*, Dublin, Pepyat.
- Berkeley G. (1710), *A Treatise Concerning the Principles of Human Knowledge*, Dublin, Pepyat.
- Bernoulli J. (1713), *Ars conjectandi. Opus posthumum*, Basel, impensis Thurnisiorum Fratrum.
- Berzano L. (2017), *Spiritualità*, Milano, Bibliografica.
- Biancone P.P. (2017), *La banca islamica*, Torino, Giappichelli.
- Biondo A.E., Pluchino A., Rapisarda A. (2014), *Micro and macro benefits of random investments in financial markets*, "Contemporary Physics", v. 55, n. 4, pp. 318-334.
- Birkhoff G., von Neumann J. (1936), *The Logic of Quantum Mechanics*, "Annals of Mathematics", v. 37, n. 4, pp. 823-843.
- Blanchard O., Johnson D.R. (2017), *Macroeconomics. Seventh Edition*, Boston, Pearson.
- Blank B.E., Krantz S.G. (2006), *Calculus. Single Variable*, Emeryville, Key College.
- Bodenhamer B.G., Hall L.M. (1999), *The User's Manual For The Brain*, Bancyfelin, Crown House.
- Bohm D.J. (1952), *A suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of Hidden Variables. I*, "Physical Review", v. 85, n. 2, pp. 166-179.
- Bohm D.J. (1977), *Lecture*, April 6, University of California at Berkeley, in Zukav (1979: 307).
- Bohm D.J. (1980), *Wholeness and the Implicate Order*, London, Routledge.
- Bohm D.J., Hiley B.J. (1975), *On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory*, "Foundations of Physics", v. 5, n. 1, pp. 93-109.
- Bohm D.J., Hiley B.J., Kaloyerou P.N. (1987), *An Ontological Basis for the Quantum Theory*, "Physics Report", v. 144, n. 6, pp. 321-375.
- Bohr N. (1913), *On the Constitution of Atoms and Molecules Part II. Systems containing only a Single Nucleus*, "Philosophical Magazine", n. 26, pp. 476-502.
- Bohr N. (1958), *Atomic Physics and Human Knowledge*, New York, Wiley & Sons.
- Boltzmann L (1877), *Bemerkungen über einige Probleme der mechanischen Wärmetheorie*, "Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaft Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse", v. 75, II, pp. 62-100.
- Boole G. (1847), *The Mathematical Analysis of Logic*, Cambridge, Macmillan.
- Boole G. (1854), *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Cambridge, Macmillan.
- Borges J.L. (1952), *El Aleph*, Buenos Aires, Losada; (2000) *L'Aleph*, Milano, Feltrinelli.
- Born M. (1926), *Quantenmechanik der Stoßvorgänge*, "Zeitschrift für Physik", v. 37, n. 12, pp. 863-867.
- Bottino A., Giunti C. (2006), *Lezioni di meccanica quantistica relativistica*, Torino, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, personalpages.to.infn.it/~giunti/mqr/mqr.pdf.

- Brown R. (1828), *A brief account of microscopical observations made on the particles contained in the pollen of plants*, "London and Edinburgh philosophical magazine and journal of science", n. 4, pp. 161-173.
- Bruno G. (1591a), *De triplici minimo et mensura*, Frankfurt, Fischer.
- Bruno G. (1591b), *De monade*, Frankfurt, Fischer.
- Cajori F. (1928), *A History of Mathematical Notations. Vol. 1: Notations in Elementary Mathematics*, La Salle, Open Court.
- Cajori F. (1929), *A History of Mathematical Notations. Vol. 2: Notations Mainly in Higher Mathematics*, La Salle, Open Court.
- Cannizzaro S. (1858), *Lettera del Prof. Stanislao Cannizzaro al Prof. S. De Luca; sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella R. Università di Genova*, "Nuovo Cimento" v. 7, pp. 321-366.
- Cantor G. (1883), *Über unendliche, lineare Punktmannigfaltigkeiten V*, "Mathematische Annalen", v. 21, pp. 545-591.
- Capra F. (1975), *The Tao of Physics*, Boulder, Shambhala; (2005) *Il Tao della fisica*, Milano, Adelphi.
- Carli R., Paniccia R.M. (2003), *Analisi della domanda. Teoria e tecnica dell'intervento in psicologia clinica*, Bologna, il Mulino.
- Carnot N.L.S. (1824), *Réflexion sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, Paris, Bachelier.
- Carotenuto A. (2001), *L'ultima medusa. Psicologia della fantascienza*, Milano, RCS.
- Carrère E. (1993), *Je suis vivant et vous êtes morts*, Paris, de Seuil.
- Cartan É.J. (1926), *Les groupes d'holonomie des espaces généralisés*, "Acta Mathematica", v. 48, n. 1-2, pp. 1-42.
- Caulfield H.J. (2002), *Holographic brain: a good analogy gone bad*, "Proceedings of SPIE", v. 4737, pp. 124-130.
- Caulfield H.J., Lu S. (1970), *The Applications of Holography*, New York, Wiley.
- Cencini A., Gnos C., Rossi S. (2016), *Quantum macroeconomics: A tribute to Bernard Schmitt*, "Cuadernos de Economía", n. 39, pp. 67-75.
- Chadwick J., Blackett P.M.S., Occhialini G.P.S. (1933), *New Evidence for the Positive Electron*, "Nature", n. 131, p. 473.
- Chang D.C. (2017), *Physical interpretation of the Planck's constant based on the Maxwell's theory*, arXiv:1706.04475, <https://arxiv.org/pdf/1706.04475>.
- Cheney M. (2001), *Tesla. Man Out of Time*, New York, Simon & Schuster.
- Chesney M., Scott L. (1989), *Pricing European Currency Options: A Comparison of the Modified Black-Scholes Model and a Random Variance Model*, "Journal of Financial and Quantitative Analysis", v. 24, n. 3, pp. 267-284.
- Chew G.F. (1968), "Bootstrap": A Scientific Idea?, "Science", v. 161, pp. 762-765.
- Chomsky N. (1957), *Syntactic Structures*, Den Haag, Mouton.
- Chomsky N. (1965), *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge, M.I.T. Press.
- Clark H.H. (1973), *Space, Time, Semantics, and the Child*, in Moore T. (ed.), *Cognitive Development and the Acquisition of Language*, New York, Academic Press, pp. 27-63.
- Clastres P. (1997), *Archeologie de la violence*, La Tour d'Aigues, Edition de l'Aube.
- Clausius R.J.E. (1857), *Über die Art der Bewegung, die wir Wärme nennen*, "Annalen der Physik", v. 100, n. 3, pp. 353-379.
- Clausius R.J.E. (1864), *Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie*, Braunschweig, Vieweg.
- Clausius R.J.E. (1865), *Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie*, "Annalen der Physik", v. 125, pp. 353-400.

- Cobb C.W., Douglas P.H. (1928), *A Theory of Production*, "American Economic Review", v. 18, n. 1, pp. 139-165.
- Cockroft J.D., Walton E.T.S. (1932a), *Experiments with High Velocity Positive Ions. Further Developments in the Method of Obtaining High Velocity Positive Ions*, "Proceedings of the Royal Society A", v. 136, pp. 619-630.
- Cockroft J.D., Walton E.T.S. (1932b), *Experiments with High Velocity Positive Ions. II. The Disintegration of Elements by High Velocity Protons*, "Proceedings of the Royal Society A", v. 137, pp. 229-242.
- Colombo F. (2012), *Ma chi sono i poteri forti?*, "Il Fatto Quotidiano", 18.06.2012, www.ilfattoquotidiano.it/2012/06/18/ma-chi-sono-i-poteri-forti/267298/.
- Corda C. (2011), *A Clarification on the Debate on the "Original Schwarzschild Solution"*, "Electronic Journal of Theoretical Physics", v. 8, n. 25, pp. 65-82.
- Coriolis G. (1829), *Du Calcul de l'effet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur Leur Evaluation*, Paris, Carilian-Goeury.
- de Coulomb C.A. (1785), *Mémoires sur l'électricité et le magnétisme*, "Histoire de l'Académie royale des sciences" pp. 569-638.
- Cournot A.A. (1838), *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*, Paris, Hachette.
- Daishi Y. (1992), *Shodoka. Le Chante de l'immédiat Satori*, Paris, Retz; (1992) *Il canto dell'immediato satori*, Milano, SE.
- Dalton J. (1808), *A New System of Chemical Philosophy*, London, Bickerstaff.
- Davison C.J., Germer L.H. (1927), *The Scattering of Electrons by a Single Crystal of Nickel*, "Nature", v. 119, n. 2998, pp. 558-560.
- De Broglie L.-V. (1925), *Recherches sur la théorie des quanta*, "Annales de Physique", v. 10, n. 3, pp. 22-128.
- De Broglie L.V. (1927), *La mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement*, "Journal de Physique et le Radium", v. 8, n. 5, pp. 225-241.
- De Bortoli F. (2012), *I leggendari poteri forti*, "Corriere della Sera", 10.06.2012, www.corriere.it/editoriali/12_giugno_10/de-bortoli-poteri-forti-classe-dirigente_8b7c6c56-b2c2-11e1-8b75-00f6d7ee22cc.shtml?fr=box_primopiano.
- Deleuze G. (1969), *Logique du sens*, Paris, Minuit.
- Deleuze G. (1988), *Le pli. Leibniz et le Baroque*, Paris, Minuit; (2004) *La piega. Leibniz e il Barocco*, Torino, Einaudi.
- Dement W., Kleitman N. (1957), *The relation of eye movements during sleep to dream activity: an objective method for the study of dreaming*, "Journal of Experimental Psychology", v. 53, n. 5, pp. 339-346.
- Dement W., Wolpert E.A. (1958), *The Relation of Eye Movements, Body Motility, and External Stimuli to Dream Content*, "Journal of Experimental Psychology", v. 55, n. 6, pp. 543-553.
- De Pretto O. (1904), *Ipotesi dell'etere nella vita dell'universo*, Venezia, Officine Grafiche Ferrari.
- Derleth A. (1997), *The Cthulhu Mythos*, New York, Barnes & Noble.
- Descartes R. (1637), *Discours de la méthode pur bien conduire sa raison*, Leyde, Maire.
- De Vogel C.J. (1986), *Rethinking Plato and Platonism*, Leiden, Brill; (1990) *Ripensando Platone e il Platonismo*, Milano, Vita e Pensiero.
- DeWitt B.S. (1970), *Quantum Mechanics and Reality*, "Physics Today", v. 23, n. 9, pp. 30-35.
- Dick P.K. (1962), *The Man in the High Castle*, New York, Putnam.
- Dick P.K. (1964), *The Simulacra*, New York, Ace.
- Dick P.K. (1969), *The Electric Ant*, "The Magazine of Fantasy & Science Fiction", Ottobre.

- Dick P.K. (1981), *Valis*, New York, Bantam; (2011), *Valis*, in *La trilogia di Valis*, Roma, Fanucci, pp. 17-250.
- Dick P.K. (1974-1982), Jackson P., Lethem J. (eds.) (2011), *The Exegesis of Philip K. Dick*, Boston, Harcourt.
- Dirac P.A.M. (1928), *The Quantum Theory of Electron*, "Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences", v. 117, n. 778, pp. 610-624.
- Dirac P.A.M. (1930a), *A Theory of Electrons and Protons*, "Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences", v. 126, n. 801, pp. 360-365.
- Dirac P.A.M. (1930b), *The Principles of Quantum Mechanics. Third Edition*, Oxford, University Press.
- Dirac P.A.M. (1931), *Quantised Singularities in the Electromagnetic Field*, "Proceedings of the Royal Society", vol. 133, n. 821, pp. 60-72.
- Dirac P.A.M. (1983), *My Life as a Physicist*, in Zichichi A. (ed.), *The Unity of the Fundamental Interactions*, New York, Plenum, pp. 733-749.
- Dolev S., Frenkel S.L., Cohen A. (2012), *Holographic Coding by Walsh-Hadamard Transformation of Randomized and Permuted Data*, "Informatika i Ee Prime-neniya", v. 6, n. 4, pp. 76-83.
- Douglas M. (1970), *Purity and Danger. An Analysis of Concepts of Pollution and Taboo*, Harmondsworth, Penguin.
- Droste J. (1917), *The field of a single centre in Einstein's theory of gravitation, and the motion of a particle in that field*, "Proceedings of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen Amsterdam", n. 19, pp. 197-215.
- Dudley D.D. (1973), *Holography: A Survey*, Washington, NASA.
- Du Fay C.F.d.C. (1733), *Quatrième mémoire sur l'électricité. De l'attraction et répulsion des corps électriques*, "Mémoires de l'Académie Royale des Sciences", pp. 457-476.
- Dumouchel P. (1999), *Émotions*, Paris, Synthélabo.
- Durand G. (1963), *Les structures anthropologiques de l'imaginaire*, Paris, Presses Universitaires; (2009) *Le strutture antropologiche dell'immaginario*, Bari, Dedalo.
- Dyson F.W., Eddington A.S., Davidson C.R. (1920), *A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Solar Eclipse of May 29, 1919*, "Philosophical Transactions of the Royal Society of London", v. 220, pp. 571-581.
- Eco U. (1993), *Cercavano gli unicorni*, conferenza dattiloscritta, <http://umbertoeco.it/CV/Cercavano%20gli%20unicorni.pdf>.
- Edwards D.A. (1979), *The Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, "Synthese", v. 42, n. 1, pp. 1-70.
- EHT (Event Horizon Telescope) (2019), *First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole*, "The Astrophysical Journal Letters", v. 875, n. L1, pp. 1-17.
- Einstein A. (1905a), *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, "Annalen der Physik", v. 322, n. 10, pp. 891-921.
- Einstein A. (1905b), *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*, "Annalen der Physik", v. 639, n. 18, pp. 639-641.
- Einstein A. (1905c), *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*, "Annalen der Physik", v. 322, n. 6, pp. 132-148.
- Einstein A. (1905d), *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*, "Annalen der Physik", v. 322, n. 8, pp. 549-560.

- Einstein A. (1915a), *Zur allgemeinen Relativitätstheorie*, “Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften”, pp. 778-786.
- Einstein A. (1915b), *Feldgleichungen der Gravitation*, “Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften”, pp. 844-847.
- Einstein A. (1916), *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, “Annalen der Physik”, v. 49, n. 7, pp. 769-822.
- Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935), *Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?*, “Physical Review”, v. 47, pp. 777-780.
- Elias N., Scotson J.L. (1965), *The Established and the Outsiders. A Sociological Enquiry into Community Problems*, London, Cass.
- Erlacher D., Schredl M. (2013), *Do REM (lucid) dreamed and executed actions share the same neural substrate?*, “International Journal of Dream Research”, v. 1, n. 1, pp. 7-14.
- Everett H. (1957), *“Relative State” Formulation of Quantum Mechanics*, “Reviews of Modern Physics”, v. 29, n. 3, pp. 454-462.
- Falcidieno M.L., Giulini S., Malagugini M. (2008), *I segni della matematica: le origini della moderna simbologia*, in Emmer M., *Matematica e Cultura*, Milano, Springer, pp. 297-316.
- Fantappiè L. (1944), *Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico*, Roma, Humanitas Nova; rist. in Fantappiè L. (2011), *Che cos'è la sintropia. Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico e conferenze scelte*, Roma, Di Renzo, pp. 7-121.
- Faraday M. (1832), *Experimental Researches in Electricity*, “Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, v. 122, pp. 125-162.
- de Fermat P. (1679), *Œuvres de Fermat publiées par le soins*, Paris, Gauthier-Villars.
- Fermi E. (1934), *Tentativo di una teoria dei raggi β* , “Nuovo Cimento”, n. 11, pp. 1-19.
- Feynman R., Leighton R., Sands M. (1963), *The Feynman Lectures on Physics. 3 vol.*, Boston, Addison-Wesley; (2011) *New Millennium Edition*, New York, Hachette; (2013) *The Feynman Lectures Website*, California Institute of Technology, www.feynmanlectures.caltech.edu/index.html.
- Fibonacci L. (1202), *Liber Abaci*, manoscritto.
- Firth R. (1940), *The Analysis of Mana: an empirical approach*, “Journal of the Polynesian Society”, v. 49, pp. 482-510.
- Fisher I. (1892), *Mathematical Investigations in the Theory of Value and Prices*, “Transactions of the Connecticut Academy”, v. 9, pp. 1-126.
- Fisher I. (1911), *The Purchasing Power of Money*, New York, Macmillan.
- Fizeau A.-H. (1849), *Sur une expérience relative à la vitesse de propagation de la lumière*, “Comptes Rendus de l'Académie des Sciences”, n. 29, pp. 90-92.
- Foucault L. (1854), *Sur les vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau*, “Annales de chimie et physique”, v. 41, n. 3, pp. 57-66.
- Foucault M. (1966), *Les mots et les choses (une archéologie des sciences humaines)*, Paris, Gallimard.
- Foucault M. (1975), *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Paris, Gallimard.
- Franci R. (2002), *Il Liber Abaci di Leonardo Fibonacci 1202-2002*, “Bollettino dell'Unione Matematica Italiana Serie 8”, v. 5-A, n. 2, pp. 293-328.
- Franklin B. (1747), *Letter from Benjamin Franklin to Peter Collinson, 25 May 1747*, manoscritto.
- Frazer J.G., (1890), *The Golden Bow: A Study in Comparative Religion*, London, Macmillan; (1920), *The Golden Bow: A Study in Magic and Religion. Third Edition*, London, Macmillan.
- Freud S. (1900), *Die Traumdeutung*, Leipzig-Wein, Deuticke.

- Gabor D. (1948), *A New Microscopic Principle*, "Nature", v. 161, pp. 777-778.
- Galilei G. (1632), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, Firenze, Landini.
- Galilei G. (1638), *Discorsi e dimostrazioni matematiche, introno a due nuove scienze*, Leida, Elsevirii.
- Galli M. (1956), *Sulle idee di Leibniz circa la legge di conservazione delle forze vive*, "Bollettino dell'Unione Matematica Italiana Serie 3", v. 11, n. 3, pp. 445-456.
- Gardner R., Grossman W.I., Roffwarg H.P., Weiner H. (1975), *The Relationship of Small Limb Movements During REM Sleep to Dreamed Limb Action*, "Psychosomatic Medicine", v. 37, n. 2, pp. 147-159.
- Gauss C.F. (1813), *Theoria attractionis corporum sphaeroidicorum ellipticorum homogeneorum methodo nova tractata*, Göttingen, Societas Regiae Scientiarum.
- Gibson W. (1984), *Neuromancer*, New York, Ace.
- Gibson W. (1996), *Idoru*, New York, Viking.
- Giordan G. (2018), *Dalla religione alla spiritualità: una nuova legittimazione del sacro?*, "Quaderni di sociologia", n. 5, pp. 117-205.
- Girard R. (1984), *Disorder and Order in Mythology*, in P. Livingston (ed.), *Disorder and Order: Proceedings of the Stanford International Symposium*, Saratoga, Anma, pp. 80-97.
- Girard R. (1987), *Generative Scapegoating*, in R.G. Hamerton-Kelly (ed.), *Violent Origins: Walter Burkert, René Girard, and Jonathan Z. Smith on Ritual Killing and cultural Formation*, Stanford, University Press, pp. 73-145.
- Girard R. (1992), *Origins: A View from Literature*, in F.J. Varela, J.-P. Dupuy (eds.), *Understanding Origins: Contemporary Views on the Origin of Life, Mind and Society*, Boston, Dordrecht, Kluwer, pp. 27-42.
- Glaser D. (1952), *Some Effects of Ionizing Radiation on the Formation of Bubbles in Liquids*, "Physical Review", v. 87, n. 4, p. 665.
- Goodglass H., Geschwind N. (1976), *Language Disorders*, in Carterette E.C., Friedman M. (eds.), *Handbook of Perception. Vol. 7*, New York, Academic Press, pp. 389-428.
- Graeber D. (2011), *Debt: The First 5000 Years*, New York, Melville House.
- Hadot P. (1981), *Exercices spirituels et philosophie antique*, Paris, Études augustiniennes; (2002), *Nouvelle édition*, Paris, Albin; (2005), *Esercizi spirituali e filosofia antica. Nuova edizione ampliata*, Torino, Einaudi.
- Hall L.M., Bodenhamer B.G. (1997), *Figuring Out People. Design Engineering With Meta-Programs*, Bancyfelin, Crown House.
- Hall R.L., Hitch C.J. (1939), *Price Theory and Business Behaviour*, "Oxford Economic Papers", v. 2, n. 1, pp. 12-45.
- Hamaui R., Mauri M. (2009), *Economia e finanza islamica. Quando I mercati incontrano il mondo del Profeta*, Bologna, il Mulino.
- Hameroff S., Penrose R. (2014), *Consciousness in the universe. A review of the 'Orch OR' theory*, "Physics of Life Review", n. 11, pp. 39-78.
- Hamilton W.R. (1853), *Lectures on Quaternions*, Dublin, Hodges and Smith.
- Hamilton W.D. (1964), *The Genetical Evolution of Social Behaviour. I*, "Journal of Theoretical Biology", n. 7, pp. 1-16.
- Haven E.E., Khrennikov A. (2013), *Quantum Social Science*, Cambridge, University Press.
- Hawking S.W. (1974), *Black hole explosions?*, "Nature", v. 248, pp. 30-31.
- Hawking S.W. (1975), *Particle Creation by Black Holes*, "Communications in Mathematical Physics", v. 44, pp. 199-220.
- Hawking S.W. (1986), *If There's an Edge to the Universe, There Must Be a God*, in Weber (1986: 201-214).

- Heidegger M. (1954), *Die Frage nach der Technik*, in *Die Künste im Technischen Zeitalter: Gestalt und Gedanke*, pp. 69-108, München, Oldenbourg.
- Heidegger M. (1966), *Einführung in die Metaphysik*, Tübingen, Bohr; (1990) *Introduzione alla metafisica*, Milano, Mursia.
- Heisenberg W.K. (1927), *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, "Zeitschrift für Physik", vol. 43, n. 4, pp. 172-198.
- Heller Joseph (1961), *Catch-22*, New York, Simon & Schuster.
- Hensen B., Bernien H., Dréau A.E., Reiserer A., Kalb N., Blok M.S., Ruitenbergh J., Vermeulen R.F., Schouten R.N., Abellán C., Amaya W., Pruneri V., Mitchell M.W., Markham M., Twitchen D.J., Elkouss D., Wehner S., Taminiau T.H., Hanson R., (2015), *Loophole-free Bell inequality violation using electron spins separated by 1.3 kilometres*, "Nature", v. 526, n. 7575, pp. 682-686.
- Hertz H.R. (1887a), *Über Inductionerscheinungen, hervorgerufen durch die elektrischen Vorgänge in Isolatoren*, "Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin", v. 31, n. 983, pp. 885-896.
- Hertz H.R. (1887b), *Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung*, "Annalen der Physik", v. 267, n. 8, pp. 983-1000.
- Hilbert D. (1917), *Die Grundlagen der Physik (Zweite Mitteilung)*, "Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematische-Physikalische Klasse", v. 1917, pp. 53-76.
- Hocart A.M. (1914), *Mana*, "Man", n. 46, pp. 97-101.
- Hosni H. (2018), *Probabilità. Come smettere di preoccuparsi e iniziare ad amare l'incertezza*, Roma, Carocci.
- Hu Z., Petoukhov S.V., Petoukhova E.S. (2017), *I-Ching, dyadic groups of binary numbers and the geno-logic coding in living bodies*, "Progress in Biophysics and Molecular Biology", n. 131, pp. 354-368.
- Hubert H., Mauss M. (1903), *Esquisse d'une théorie générale de la magie*, "L'année sociologique", pp. 1-146.
- Hudson M. (2002), *Reconstructing the Origins of Interest-Bearing Debt and the Logic of Clean Slates*, in Hudson M., Van de Mierop M., *Debt and Economic Renewal in the Ancient Near East*, Bethesda, CDL, pp. 7-58.
- Huygens C. (1690), *Traité de la lumière, où sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la reflexion, & dans la refraction di cristal d'Islande*, Leide, Vander.
- Jacob F. (1974), *Le modele linguistique en biologie*, "Critique", n. 322, pp. 197-205.
- Jaffé A. (1989), *Was C.G. Jung a Mystic? And Other Essays*, Einsiedeln, Daimon.
- James T., Woodsmall W. (1988), *Time Line Therapy and The Basis of Personality*, Cupertino, Meta Publications.
- Jevons W.S. (1871), *The Theory of Political Economy*, London, Macmillan.
- Jinbo U., Kato T., Ito M. (2011), *Corrent progress in DNA barcoding and future implications for entomology*, "Entomological Science", v. 14, n. 2, pp. 107-124.
- Jodorowsky A. (2005), *El maestro y las magas*, Madrid, Siruela; (2010), *Il maestro e le maghe*, Milano, Feltrinelli.
- Jönsson C. (1961), *Elektroneninterferenzen an mehrern künstlich hergestellten Feinsplatten*, "Zeitschrift für Physik", v. 161, n. 4, pp. 454-474.
- Joshi S.T. (1990), *H.P. Lovecraft: The Decline of the West*, Cabin John, Wildside.
- Joshi S.T. (ed.) (2010), *Against Religion. The Atheist Writings of H. P. Lovecraft*, New York, Sporting Gentlemen.
- Jung C.G. (1902), *Zur Psychologie und Pathologie sogenannter okkulter Phänomene*, Leipzig, Druck.
- Jung C.G. (1910), *The Association Method*, "The American Journal of Psychology", v. 21, n. 2, pp. 219-269.

- Juran J.M. (1951), *Quality Control Handbook*, New York, McGraw-Hill.
- Kabat-Zinn J., Lipworth L., Burney R. (1987), *The clinical use of mindfulness meditation for the self-regulation of chronic pain*, "Journal of Behavioral Medicine", n. 8, pp. 163-190.
- Kahneman D. (2011), *Thinking, Fast and Slow*, New York, Farrar-Straus-Giroux; (2018) *Pensieri lenti e veloci*, Milano, Arnoldo Mondadori.
- Kant I. (1781), *Kritik der reinen Vernunft*, Riga, Hartknoch.
- Kapteyn J.C. (1922), *First Attempt at a Theory of the Arrangement and Motion of the Sidereal System*, "Astrophysical Journal", v. 55. pp. 302-328.
- Kempkes S.N., Slot M.R., Freeney S.E., Zevenhuizen S.J.M., Vanmaekelbergh D., Swart I., Morais Smith C. (2018), *Design and characterization of electrons in a fractal geometry*, "Nature Physics", n. 15, pp. 127-131.
- Kepler J. (1619), *Harmonices Mundi*, Linz, Planck.
- Keynes J.M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest and Money*, New York, Macmillan; (2006), *Teoria generale dell'occupazione, dell'interesse e della moneta*, Novara, De Agostini.
- Von Koch H. (1904), *Sur une courbe continue sans tangente, obtenue par une construction géométrique élémentaire*, "Archiv für Matematik, Astronomi, och Fysik", n. 1, pp. 681-702.
- Kopernik M. (1543), *De revolutionibus orbium coelestium*, Nürnberg, Petreius.
- Korzybski A. (1933), *Science and Sanity: an introduction to non-Aristotelian systems and general semantics*, Coudray-Montceaux, European Society for General Semantics, <http://esgs.free.fr/uk/art/sands.htm>.
- Kragh H. (2012), *The Wildest Speculation of All: Lemaître and the Primeval-Atom Universe*, in Holder/Mitton (eds.) (2012), *Georges Lemaître: Life, Science and Legacy*, Berlin, Springer, pp. 23-38.
- LaBerge S. (1985), *Lucid Dreaming*, New York, Ballantine.
- Lai G. (2008), *Alle origini del calcolo infinitesimale: il metodo dei massimi e minimi di Fermat*, tesi di laurea triennale, www.luciocadeddu.com/tesi/Lai_triennale.pdf.
- Laplace P.-S. (1798-1825), *Traité de mécanique celeste*, Paris, Crapelet.
- Laplace P.-S. (1825), *Essai philosophique sur les probabilités. Cinquième édition*, Paris, Bachelier.
- Lashley K. (1929), *Brain Mechanisms and Intelligence*, Chicago, University Press.
- Lavoisier A.-L. (1774), *Opuscules physiques et chimiques*, Paris, Durand-Didot-Esprit.
- Leibniz G.W. (1666), *Dissertatio de arte combinatoria*, Leipzig, Fickium et Polycarp.
- Leibniz G.W. (1686a), *De geometria recondita et analysi indivisibilium atque infinitorum*, "Acta eruditorum", pp. 292-300.
- Leibniz G.W. (1686b), *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum*, "Acta eruditorum", p. 161.
- Leibniz G.W. (1692), *De linea ex lineis numero infinitis*, "Acta eruditorum", pp. 168-171.
- Leibniz G.W. (1703), *Explication de l'arithmétique binaire*, "Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des science", pp. 85-89.
- Leibniz G.W. (1714), *La Monadologie*, manoscritto.
- Lemaître G. (1927), *Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*, "Annales de la Société Scientifique de Bruxelles", v. 47, pp. 49-59.
- Lemaître G. (1931), *The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory*, "Nature", n. 127, p. 706.
- Lenard P. (1902), *Ueber die lichtelektrische Wirkung*, "Annalen der Physik", v. 313, n. 5, pp. 149-198.

- Levi-Civita T. (1917), *Nozione di parallelismo in una varietà qualunque e conseguente specificazione geometrica della curvatura riemanniana*, "Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo", n. 42, pp. 173-205.
- Lévi-Strauss C. (1950), *Introduction à l'œuvre de Marcel Mauss*, in Mauss M., *Sociologie et anthropologie*, Paris, Presses Universitaire de France, pp. I-LII.
- Lévi-Strauss C. (1958), *Anthropologie structurale*, Paris. Plon.
- Lévi-Strauss C. (1971), *Mythologiques IV: L'Homme nu*, Paris, Plon; (2008), *L'uomo nudo*, Milano, il Saggiatore.
- Lévi-Strauss C. (1972), *Anthropologie structurale deux*, Paris, Plon; (1978), *Antropologia strutturale II*, Milano, il Saggiatore.
- Lorentz H.A. (1895), *Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern*, Leiden, Brill.
- Lorentz H.A. (1904), *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light*, "Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences", n. 6, pp. 809-831.
- Lovecraft H.P. (1919), *Beyond the Wall of Sleep*, "Pine Cones", v.1, n. 6, pp. 2-10; (1993) *Oltre le mura del sonno*, in *Lovecraft. Tutti i romanzi e i racconti. Vol. 3. Il sogno*, Roma, Newton Compton, pp. 33-43.
- Lovecraft H.P. (1933), *The Dreams in the Witch House*, "Weird Tales" v. 22, n. 1 pp. 86-111; (1993) *I sogni nella casa stregata*, in *Lovecraft. Tutti i romanzi e i racconti. Vol. 5. Il mito II*, Roma, Newton Compton, pp. 168-205.
- Lovecraft H.P. (1933/1939), *The Evil Clergyman*, "Weird Tales", v. 33, n. 4, pp. 135-137; (1993) *Il sacerdote malvagio*, in *Lovecraft. Tutti i romanzi e i racconti. Vol. 3. Il sogno*, Roma, Newton Compton, pp. 124-128.
- Lovecraft H.P., Hoffman Price E. (1932/1934), *Through the Gates of the Silver Key*, "Weird Tales", v. 24, n. 1, pp. 60-85; (1993) *Attraverso i cancelli della chiave d'argento*, in *Lovecraft. Tutti i romanzi e i racconti. Vol. 3. Il sogno*, Roma, Newton Compton, pp. 265-301.
- Lovecraft H.P., Kuttner H. (1937), *The Salem Horror*, "Weird Tales", v. 29, n. 5 pp. 575-585; (1993) *L'orrore di Salem*, in *Lovecraft. Tutti i romanzi e i racconti. Vol. 2. L'incubo II*, Roma, Newton Compton, pp. 263-279.
- Lovecraft H.P., Whitehead H.S. (1931), *The Trap*, "Strange Tales of Mystery and Terror" v. 2, n. 1, pp. 73-88; (1993) *La trappola*, in *Lovecraft. Tutti i romanzi e i racconti. Vol. 5. Il mito II*, Roma, Newton Compton, pp. 437-456.
- Macleod H.D. (1858), *Elements of Political Economy*, London, Longmans.
- Magee B. (2002), *The Tristan Chord. Wagner and Philosophy*, New York, Holt.
- Majorana E. (1937), *Teoria simmetrica dell'elettrone e del positrone*, "Nuovo Cimento", n. 14, pp. 335-344.
- Majorana E. (1944), *Atomi orientati in campo magnetico variabile*, "Nuovo Cimento", n. 9, pp. 43-50.
- Makovskiy M.M. (1992), *Linguistic Genetics*, Moscow, Nauka.
- Mandelbrot B. (1967), *How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension*, "Science", v. 156, n. 3775, pp. 636-638.
- Mandelbrot B. (1975), *Les Objets fractals. Forme, hasard et dimension*, Paris, Flammarion.
- Mandelbrot B. (1980), *Fractal Aspects of the Iteration of $z \mapsto \lambda z(1-z)$ for Complex λ, z* , "Annals of the New York Academy of Sciences", n. 357, pp. 249-259.
- Marcer P. (1992), *A Specification of the Unified Field*, "13th International Congress of Cybernetics, Namur, Belgium, 24-28th August", pp. 161-164.

- Marcer P., Schempp W. (2000), *Why Space has Three Dimensions: A Quantum Mechanical Explanation*, "American Institute of Physics Conference Proceedings", v. 517, n. 1, pp. 430-436.
- Marco Aurelio (180), *Tá eis éautón*; (1986), *I ricordi*, Torino, Einaudi.
- Marra P. (2004), *Dio creerà se stesso... Alla scoperta della verità nascosta nel Genesi*, Roma, Euroelite.
- Matte Blanco I. (1975), *The Unconscious as Infinite Sets. An Essay on Bi-Logic*, London, Duckworth; (2000) *L'inconscio come insiemi infiniti. Saggio sulla bi-logica*, Torino, Einaudi.
- Mauss M. (1924a), *Essai sur le don. Form et raison de l'échange dans les sociétés archaïques*, "L'année sociologique", pp. 30-186.
- Mauss M. (1924b), *Rapports réels et pratiques de la psychologie et de la sociologie*, "Journal de Psychologie Normale et Pathologique", n. 21, pp. 892-922.
- Maxwell J.C. (1865), *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, "Philosophical Transactions of the Royal Society of London", n. 155, pp. 459-512.
- Maxwell J.C. (1873), *A Treatise on electricity and magnetism*, 2 vol., Oxford, Clarendon.
- McEwan I. (2018), *My Purple Scented Novel*, London, Penguin; (2018), *Il mio romanzo viola profumato*, Torino, Einaudi.
- Mendelejew D. (1869), *Über die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elementen*, "Zeitschrift für Chemie", v. 12, pp. 405-406.
- Merton R.K. (1949), *Social Theory and Social Structure*, New York, Free Press; (1968), *Social Theory and Social Structure. 1968 Enlarged Edition*, New York, Free Press; (2000), *Teoria e struttura sociale*, Bologna, il Mulino.
- Meyrink G. (1927), *Der Engel vom westlichen Fenster*, Leipzig, Grethlein; (1992), *L'angelo della finestra d'occidente*, Roma, Libreria Romana.
- Michell J. (1784), *On the Means of discovering the Distance, Magnitude & c. of the Fixed Stars, in consequence of the Diminution of the Velocity of their Light*, "Philosophical Transactions", n. 74, pp. 35-57.
- Minkowski H. (1909), *Raum und Zeit*, "Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung", v. 18, pp. 75-88.
- Möbius A.F. (1865), *Über die Bestimmung des Inhaltes eines Polyëders*, "Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-physikalische Klasse", v. 17, pp. 31-68.
- Moscovici S. (1972), *La société contre nature*, Paris, Union Générale.
- Ñāṇajīvako B. (1970), *Schopenhauer and Buddhism*, "The Wheel Publication" n. 144/146.
- Nash J.F. (1950), *Equilibrium points in n-person games*, "Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America", v. 36, n. 1, pp. 48-49.
- Newton I. (1687), *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, London, Royal Society.
- Newton I. (1704), *Opticks: or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, London, Smith & Walford.
- Nichol L. (ed.) (2003), *The Essential David Bohm*, London, Routledge.
- Nirenberger M.W., Jones O.W., Leder P., Clark B.F.C., Sly W.S., Pestka S. (1963), *On the Coding of Genetic Information*, "Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology", n. 28, pp. 549-557.
- O'Keefe J., Nadel L. (1978), *The Hippocampus as a Cognitive Map*, Oxford, Clarendon.
- Odifreddi P. (2007), *Perché non possiamo essere cristiani (e meno che mai cattolici)*, Milano, Longanesi.
- Ogden C.K., Richards I.A. (1923), *The Meaning of the Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*, New York, Harcourt.
- Orazio (Quinto Orazio Flacco) (30 a.C.), *Carmina*; (2006), *Odi*, Milano, LED.

- Oresme N. (1350 ca.), *Tractatus de configurationibus qualitatum et motuum*, manoscritto.
- Orrell D. (2018), *Quantum Economics: The New Science of Money*, London, Icon.
- Orrell D. (2019), *Introduction to the mathematics of quantum economics*, www.postpythagorean.com/quantumeconomicmath.pdf.
- Ørsted H.C. (1820), *Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam*, Hafniae, Schultz.
- Orwell G. (1949), *Nineteen Eighty-Four: A Novel*, London, Secker & Warburg.
- Oxfam (2019), *Bene pubblico o ricchezza privata?*, Oxford, Oxfam GB.
- Pareto V. (1897), *Course d'économie politique*, Lausanne, Rouge.
- Pasolini P.P. (1975), *Empirismo eretico*, Milano, Garzanti.
- Pasolini P.P. (1976), *Lettere luterane*, Torino, Einaudi.
- Patel A.D. (2008), *Music, Language and the Brain*, Oxford, University Press.
- Pauli W. (1925), *Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren*, "Zeitschrift für Physik", v. 31, n. 1, pp. 765-783.
- Penrose R. (2005), *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*, London, Random House (or. 1994, Oxford, University Press).
- Piketty T. (2013), *Le capital au XXIe siècle*, Paris, du Seuil.
- Planck M. (1900), *Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum*, "Annalen der Physik", v. 309, n. 3, pp. 553-563.
- Platone (IV sec. a.C.), *Apologia di Socrate*, <https://archiviomarini.sp.unipi.it/347/4/apologia.pdf>.
- Platone (IV sec. a.C.), *Filebo*, www.ousia.it/content/Sezioni/Testi/PlatoneFilebo.pdf.
- Platone (IV sec. a.C.), *Parmenide*, www.ousia.it/content/Sezioni/Testi/PlatoneParmenide.pdf.
- Plutchik R., Kellerman H. (eds.) (1980), *Emotion: Theory, research, and experience: Vol. 1. Theories of emotion*, Cambridge, Academic.
- Pribram K.H. (1971), *Languages of the Brain: Experimental Paradoxes and Principles in Neuropsychology*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Pribram K.H. (1977), *Some Comments on the Nature of the Perceived Universe*, in Shaw/Bransford (1977: 83-101).
- Price R.M. (1990), *H. P. Lovecraft and the Cthulhu Mythos*, Mercer Island, Starmont.
- Ramonet I. (1995), *La pensée unique*, "Le Monde diplomatique", Gennaio 1995, p. 1.
- Ratner V.A. (2002), *Genetics and Molecular Cybernetics: Persons and Problems*, Novosibirsk, Nauka.
- Raynaud D. (2013), *Les déterminations de la vitesse de la lumière (1676-1983). Étude de sociologie internaliste des sciences*, "L'Année Sociologique", v. 63, n. 2, pp. 359-398.
- Recami E. (2010), *Ettore Majorana: Vita e Opere (L'opera scientifica edita e inedita)*, arXiv:physics/9810023v5, <https://arxiv.org/abs/physics/9810023v5>.
- Reich W. (1925), *Der triebhafte Charakter*, Wien, Internationaler Psychoanalytischer.
- Ricchi G. (1807), *Delle successioni. Dissertazione*, Milano, Sonzogno.
- Richard J. (1905), *Les principes des Mathématiques et le problème des ensemble*, "Revue Générale des Science Pures et Appliquées", vol. 16, n. 12, p. 541-543, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k17080b/f545.image>.
- Richardson L.F. (1961), *The problem of contiguity: An appendix to Statistics of Deadly Quarrels*, "General Systems", v. 6, pp. 140-187.
- Rifkin J. (2010), *The Empathic Civilization: The Race to Global Consciousness in a World in Crisis*, New York, Tarcher.
- Robbins L. (1932), *Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, London, Macmillan.

- Robbins S.E. (2006), *Bergson and the holographic theory of mind*, “Phenomenology and the Cognitive Sciences”, v. 5, pp. 365-394, www.stephenerobbins.com/uploads/7/3/2/9/73295531/bergsonandtheholographic.pdf.
- Rømer O. (1676), *Démonstration touchant le mouvement de la lumière trouvé par M. Römer de l'Académie Royale des Sciences*, “Journal des Sçavans”, 07.12.1676, pp. 233-236.
- Rosa E.B., Dorsey N.E. (1907), *A new determination of the ratio of the electromagnetic to the electrostatic unit of electricity*, “Bulletin of the Bureau of Standards”, v. 3, n. 3, pp. 433-540.
- Rossi O.D. (2008), *Cultura digitale: Wii like it!*, Roma, Aracne.
- Rossi O.D. (2018a), *Tempo: epistemologia e simboli*, Roma, IFOR, www.xos.it/tempo-epistemologia-simboli.pdf.
- Rossi O.D. (2018b), *Bufale come favole: dal mito alla cronaca e (non) ritorno*, Roma, IFOR, www.xos.it/Bufale-come-favole.pdf.
- Rossi O.D. (2019), *Violenza ↔ Società. Costruzioni (e distruzioni) della semantica occidentale*, Milano, Meltemi.
- Rossi O.D., Rossi S. (2013), *Capire l'economia politica. Teoria e storia. II edizione*, Roma, Aracne.
- Rovelli C. (2017), *L'ordine del tempo*, Milano, Adelphi.
- Rutherford E. (1900), *Uranium radiation and the electrical conduction produced by it*, “Philosophical Magazine”, v. 47, n. 284, pp.109-163.
- Rutherford E. (1905), *Radio-activity*, Harvard, University Press.
- Rutherford E. (1911), *The Scattering of α and β Particles in Matter and the Structure of the Atom*, “Philosophical Magazine”, s. 6, v. 21, pp. 669-688.
- Rutherford E. (1916), *Radioactive Transformations*, New York, Scribner's Sons.
- Sahlins M. (1972), *Stone Age Economics*, Chicago, Aldine.
- Sanda D.C., Smarandoiu L.A., Munteanu C. (2017), *The Dialogue between Science and Religion: A Taxonomic Contribution*, “Religions”, v. 8, n. 3, www.mdpi.com/2077-1444/8/3/35.
- Saussure F. (1916), *Cours de linguistique générale*, Bally C., Riedlinger A., Sechehaye A. (eds.), Paris, Payot.
- Sbalchiero S. (2012), *Scienza e spiritualità. Ruoli e percezioni della ricerca nel mondo contemporaneo*, Roma, Carocci.
- Schmitt B. (1972), *Macroeconomic Theory: A Fundamental Revision*, Albeuve, Castella.
- Schmitt B. (1984), *Inflation, chômage et malformations du capital: macroéconomie quantique*, Paris-Albeuve, Economica-Castella.
- Schönberger M. (1973), *Verborgener Schlüssel zum Leben*, Bern-Munich, Scherz; (1992) *I Ching & the Genetic Code: The Hidden Key to Life*, Santa Fe, Aurora.
- Schopenhauer A. (1819), *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Leipzig, Brodhau.
- Schrödinger E. (1926a), *Quantisierung als Eigenwertproblem (erste Mitteilung)*, “Annalen der Physik” v. 79, n. 4, pp. 361-376.
- Schrödinger E. (1926b), *Quantisierung als Eigenwertproblem (zweite Mitteilung)*, “Annalen der Physik” v. 79, n. 6, pp. 489-527.
- Schrödinger E. (1926c), *Quantisierung als Eigenwertproblem (vierte Mitteilung)*, “Annalen der Physik” v. 81, n. 18, pp. 109-139.
- Schrödinger E. (1935), *Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik*, “Die Naturwissenschaften” vol. 23, pp. 807-812, 823-828, 844-849.
- Schrödinger E. (1944/1967), *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*, Cambridge, University Press.
- Schrödinger E. (1958/1967), *Mind and Matter*, Cambridge, University Press.

- Schumacher B. (1995), *Quantum coding*, "Physical Review A" vol. 51, n. 4, pp. 2738-2747.
- Schwarzschild K. (1916a), *Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie*, "Sitzungsberichte der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften", s. 3, pp. 189-196.
- Schwarzschild K. (1916b), *Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie*, "Sitzungsberichte der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften", s. 3, pp. 424-434.
- Scientific American (1884), v. 50, n. 14, Notes & Queries, April 5.
- Shannon C.E. (1948), *A Mathematical Theory of Communication*, "Bell System Technical Journal", v. 27, n. 3, pp. 379-423.
- Shaw R.E., Bransford J. (eds.) (1977), *Perceiving, Acting and Knowing: Toward an Ecological Psychology*, Hoboken, Wiley.
- Sinha S., Chatterjee A., Chakraborti A., Chakrabarti B. (20119), *Econophysics: An Introduction*, Weinheim, Wiley-VCH.
- Slooman J., Garratt. D. (2016), *Essentials of Economics. Seventh Edition*, London, Pearson.
- Smith A. (1759), *The Theory of Moral Sentiments*, Edinburgh, Millar.
- Smith W. (1842), *A Dictionary of Greek and Roman Antiquities*, London, Taylor and Walton.
- Solow R. (1956), *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, "Quarterly Journal of Economics", v. 70, n. 1, pp. 65-94.
- Sommerfeld A. (1919), *Atombau und Spektrallinien*, Braunschweig, Vieweg.
- Sperber D. (1996), *Explaining Culture. A Naturalistic Approach*, Oxford, Blackwell.
- Sraffa P. (1960), *Production of Commodities by Means of Commodities. Prelude to a critique to economic theory*, Cambridge, University Press.
- Staid A. (2015), *I senza Stato: potere, economia e debito nelle società primitive*, Bologna, Bèbert.
- Stent G. (1969), *The Coming of the Golden Age: a view of the end of progress*, Garden City, Natural History Press.
- Stephenson N. (1992), *Snow Crash*, New York, Bantam.
- Stiegler B. (2015), *La Société automatique: I. L'avenir du travail*, Paris, Fayard.
- Stoney G.J. (1874), *Of the "Electron", or Atom of Electricity*, "Philosophical Magazine", v. 38, n. 5, pp. 418-420.
- Stukeley W. (1752), *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life*, manoscritto, <http://ttp.royalsociety.org/ttp/ttp.html?id=1807da00-909a-4abf-b9c1-0279a08e4bf2&type=book>.
- Susskind L. (1995), *The World as a Hologram*, "Journal of Mathematical Physics", n. 36, pp. 6377-6396.
- Susskind L., Lindesay J. (2005), *An Introduction to Black Holes, Information and the String Theory Revolution: The Holographic Universe*, Singapore, World Scientific.
- Synesius (394-413), *Epistulae*, www.livius.org/articles/person/synesius-of-cyrene/synesius-texts/.
- Taylor G.I. (1909), *Interference Fringes with Feeble Light*, "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society", v. 15, pp. 114-115.
- Tegmark M. (2003), *Parallel Universes*, "arXiv:astro-ph/0302131v1", <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0302131v1>.
- Thomson J.J. (1897), *Cathode Rays*, "Philosophical Magazine", v. 44, p. 293.
- 't Hooft G. (1993/2009), *Dimensional Reduction in Quantum Gravity*, "arXiv:gr-qc/9310026v2", <https://arxiv.org/abs/gr-qc/9310026>.
- Tononi G., Sporns O., Edelman G.M. (1994), *A measure of brain complexity: Relating functional segregation and integration in the nervous system*, "Proceedings of the Na-

- tional Academy of Sciences of the United States of America”, v. 91, n. 11, pp. 5033-5037.
- Trovato M. (2018), *Cosa sono esattamente I “poteri forti”?*, “Wired”, 23.11.2018 www.wired.it/attualita/politica/2018/11/23/poteri-forti-governo-salvini-definizione/.
- Turing A. (1950), *Computing Machinery and Intelligence*, “Mind”, V. 59, n. 236, pp.433-460 <https://academic.oup.com/mind/article-pdf/LIX/236/433/9866119/433.pdf>.
- Volta A. (1800), *On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different Kinds*, “Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, v. 90, pp. 403-431.
- Von Korff M., Sander T. (2019), *Molecular Complexity Calculated by Fractal Dimension*, “Scientific Reports”, v. 9, n. 1, www.nature.com/articles/s41598-018-37253-8.
- Von Neumann J. (1927), *Wahrscheinlichkeitstheoretischer Aufbau der Quantenmechanik*, “Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse”, pp. 245-272.
- Vrobel S. (1998), *Fractal Time*, Houston, The Institute for Advanced Interdisciplinary Research.
- Wagner R. (1859), *Tristan und Isolde*.
- Wagner R. (1882), *Parsifal*.
- Wallis J. (1655a), *De sectionibus conicis*, Oxford, Lichfield.
- Wallis J. (1655b), *Arithmetica Infinitorum*, Oxford, Lichfield.
- Walras L. (1883), *Théorie Mathématique de la Richesse Sociale*, Lausanne, Corbaz.
- Watson J.D., Crick F.H.C. (1953), *Molecular Structure of Nucleic Acids*, “Nature”, v. 171, n. 4356, pp. 737-738.
- Watzlawick P., Beavin J.H., Jackson D.D. (1967), *Pragmatics of Human Communication*, New York, Norton..
- Weber R. (1986), *Dialogues With Scientists and Sages: The Search for Unity*, London, Routledge.
- Weyl H. (1917), *Zur Gravitationstheorie*, “Annalen der Physik”, v. 359, n. 18, pp. 117-145.
- Wheeler J.A. (1989), *Information, Physics, Quantum: The Search for Links*, “Proceedings III International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics”, Tokyo, pp. 354-368.
- Whitehead A.N. (1929), *Process and Reality. An Essay in Cosmology*, New York, Macmillan.
- Wilson C.T.R. (1897), *Condensation of water vapor in the presence of dust free air and other gases*, “Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, v. 189, p. 265.
- Wilson C.T.R. (1899), *On the condensation nuclei produced in gases by the action of Röntgen rays, uranium rays, ultraviolet light and other agents*, “Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, v. 192, p. 403.
- Wittgenstein L.J.J. (1921), *Logisch-Philosophische Abhandlung*, “Annalen der Naturphilosophie”, v. 14, pp. 185-262.
- Wrangham R. (2019), *The Goodness Paradox: The Strange Relationship Between Virtue and Violence in Human Evolution*, New York, Pantheon; (2019), *Il paradosso della bontà. La strana relazione tra convivenza e violenza nell'evoluzione umana*, Torino, Bollati Boringhieri.
- Yardley I.B. (2010), *The Circular Theory*, Integrated Thought Concepts.
- Young T. (1802), *The Bakerian Lecture: On the Theory of Light and Colours*, “Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, v. 92, pp. 12-48.
- Zhuāngzǐ (IV-III sec. a.C.), *Zhuāngzǐ*, <https://ctext.org/zhuangzi>.

- Zukav G. (1979), *The Dancing Wu Li Masters. An Overview of the New Physics*, New York, Bantam.
- Zweigert K., Kötz H. (1984), *Einführung in die Rechtsvergleichung. Band 1: Grundlagen*, Mohr, Tübingen; (1998), *Introduzione al Diritto Comparato. Volume I: Principi fondamentali*, Giuffrè, Milano.