

Il finalismo in natura

Piero Trupia*

Sunto: *Della natura possiamo solo cogliere qualche aspetto che, nondimeno, ci può dare un'idea dell'intero. Uno di tali aspetti è il finalismo. Esso è presente nella materia e nei regni della vita vegetale e animale, compresa quella umana. Il finalismo è rifiutato dai riduzionisti che lo considerano un oggetto metafisico e pertanto non scientifico. Tra questi, Jacques Monod che lo qualifica come concetto teologico: ammetterlo equivale ad asserire la verità di un dio creatore. Non è così, ma è impossibile non rilevare che la natura, anche quella inanimata, è programmata e regolata da un'intelligenza cosmica. Viene notato che i propositi di Monod configurano, di fatto, nella genetica e nel mutamento evoluzionistico, a God-like being. Viene descritto il principio di minima azione e mostrato un finalismo anche nella materia quantica. Questa non è indeterminata. È la nostra capacità di misurazione a esserlo. Pertanto, l'indeterminatezza di Heisenberg è tale epistemologicamente, non ontologicamente.*

Parole Chiave: finalismo, natura, caso, necessità, fato, caos, cosmo, ordine, clinamen, evoluzione genetica, Monod, Democrito, Lucrezio.

Abstract: *Nature is a too large and complex object for us to produce a complete and satisfying description and insight of it. We can only catch some partial aspect of it and detect some features which nonetheless can give us a glimpse of the whole. Finalism is one of these features which, although perfectly visible, is rejected by the reductionists who believe it to be a metaphysical belief. The most popular among these reductionists is the Nobel prize Jacques Monod. To him finalism appears to be a theological object. It is not: as a matter of fact are Monod's proposals to conjure a God-like being in the words of Kurt Gödel. The principle of minimal action is described as the most debated evidence of finalism and the presence of finalistic functions even in quantic matter are asserted. Quantum physics is as deterministic as classical physics. Only our present measurement methods and tools are inadequate. Therefore Heisenberg quantic indetermination is epistemological, not ontological.*

Keywords: finalism, nature, accident, necessity, fate, chaos, cosmos, order, clinamen, genetics evolution, Monod, Democritus, Lucretius.

* Fondatore e amministratore di Governance Consulting; piero.trupia@alice.it.

Citazione: Trupia P., *Il finalismo in natura*. «ArteScienza», Anno 1, N. 1, pp. 85-101.

1. I vari ordini di finalismo in natura

Il finalismo, se esiste, è il segno di una peculiare funzionalità della natura (*finalismo locale o del secondo ordine*): non soltanto il sistema natura funziona e tutte le sue parti sono coordinate al fine della tenuta del sistema (*finalismo del primo ordine o di sistema*) ma, in più, i suoi componenti fungono in relazione a un fine particolare, una trasformazione di uno dei suoi componenti per conseguire un risultato in un comparto del sistema.

Non pochi teologi, filosofi e scienziati hanno creduto poi d'intravedere un *finalismo del terzo ordine*, un orientamento complessivo dei processi naturali verso un risultato o un significato dell'intero sistema mondo a favore dell'uomo.

Era questa l'idea corrente che, sotto il nome di antropocentrismo, dominava nei tempi antichi. Le scoperte astronomiche, dal 1400 in poi, detronizzarono il pianeta Terra e l'uomo dalla centralità nel sistema solare e nell'intero universo e, con essa, dall'essere l'uomo il destinatario di ogni finalità riscontrata in natura.

2. Il finalismo del secondo ordine

Restando con i piedi per terra, fermandoci quindi al finalismo del secondo ordine - quello locale e singolare - bisogna anche a questo livello distinguere tra il finalismo oggettivo, proprio dei fenomeni naturali, e quello immaginato dall'uomo e introdotto tal quale in natura.

Un primo esempio di finalismo di questo secondo tipo, non oggettivo, compare nel racconto biblico della creazione dell'uomo, là dove Dio dice ad Adamo ed Eva: «Mangiate del frutto di qua-

lunque albero, ma non dell'albero della scienza del bene e del male» (Genesi, 17-20).

Anche quei frutti autorizzati, se considerati però dal punto di vista del sistema natura e del suo ordine, non erano una provvista alimentare. Erano e sono contenitori di semi e alimento dei medesimi, nella fase dello sviluppo, per favorire l'attecchimento e la formazione di una nuova pianta. Questo è un finalismo vero, del secondo ordine e locale, non quello del frutto alimento dell'uomo e dell'animale. Dio lo sapeva, il trascrittore delle sue parole no. Nel medesimo testo biblico riscontriamo una precisazione:

Ecco, io vi do ogni sorta di graminacee produttrici di semenza che sono sulla superficie di tutta la terra e anche ogni sorta di alberi in cui vi sono frutti portatori di seme: essi costituiranno il vostro nutrimento; ma a tutte le fiere della terra, a tutti i volatili del cielo, a tutti gli esseri striscianti sulla terra, nei quali vi è l'alito della vita, io do come nutrimento l'erba verde. (Genesi 29, 30).

A dirla tutta, ci sarebbe spazio per qualche obiezione circa il tema generale dell'alimentazione di animali, uomini, piante carnivore, piante parassite e piante che non si nutrono di altri esseri viventi, la grande maggioranza. Contesto in radice il sistema naturale dell'alimentazione.

Il fatto che ogni vivente, dal batterio all'elefante e all'uomo, debba e possa vivere solo distruggendo altri esseri viventi, è un'evidente imperfezione del creato ed è forse il fondamento ontico di quell'aggressività che nel regno vegetale e animale è innocente, nell'umano, da Caino in qua, è anche colpevole. Tanto più che un modello accettabile di alimentazione dei viventi esiste nella stessa natura ed è quello delle piante non parassite e non carnivore. Sono quelle "normali" e quelle saprofite: vivono di sostanze minerali, anidride carbonica, azoto, luce e materia organica decomposta. È un sistema incruento che poteva essere generalizzato a tutti i viventi.

Nel duomo di Monreale (Palermo) la serie dei mosaici della creazione (XII secolo) presenta tre particolari che mostrano la sapienza *ante litteram* e non convenzionale dell'autore.

In primo luogo i pesci che escono dal mare e diventano uccelli, in secondo luogo gli animali che marciano in schiera compatta con il leone che sorride e la pantera in primo piano, il bue, i cavalli, e gli altri mammiferi nelle altre file. Infine, il creatore che, nei sei giorni della creazione, stringe nella mano sinistra un rotolo che nel settimo giorno, del riposo, scompare. I commenti dicono che è il rotolo della legge, penso invece che sia il progetto della creazione e quindi il logos del suo finalismo. Ma il leone ha smesso presto di sorridere e i mammiferi si tengono a debita distanza. Questo fatto ci dice che il nostro non è il migliore dei mondi possibili.¹

3. Il finalismo del primo ordine nel mondo organico

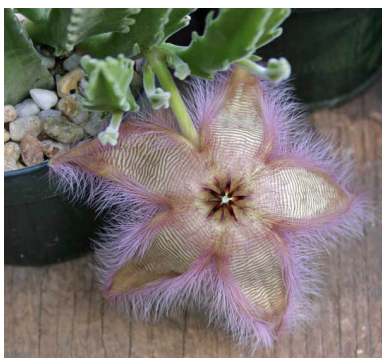


Fig. 1 - Il fiore della stapelia.

Torniamo al finalismo del primo ordine, quello interno al sistema della natura che mira alla tenuta del sistema e la ottiene.

Un tipo genuino di finalismo che colpisce per la sua ingegnosità è quello che si riscontra in tutte le piante che "s'ingegnano" di attrarre il soggetto impollinatore, "perseguedo sapientemente" il fine della propria riproduzione.

Le virgolette segnalano l'impropria soggettivazione del linguaggio, implicita nei tre termini usati, per analogia con chi può effettivamente ingegnarsi e

¹ Sulle lotte e i raffinati stratagemmi che predatori, parassiti e piante mettono in atto per aggredire e difendersi, vedi Roberto Argano e Altri, *Zoologia. Evoluzione e adattamento*, Bologna, Monduzzi, 2007.

agire sapientemente e strategicamente, per raggiungere un qualche obiettivo.

Torniamo alle piante.

Il carnoso fiore della *stapelia* puzza di pesce marcio, irresistibile per la *moscona* che, senza volerlo, s'impollina, mentre depone le proprie uova sui petali che, alla schiusa, saranno alimento delle larve.²

L'inflorescenza della *dracaena fragrans*, il popolare tronchetto della felicità, profuma e stilla miele, ma soltanto di notte, essendo l'impollinatore il pipistrello.³

E qui, applicato in biologia, incontriamo un principio della fisica, quello della minima azione o del risparmio energetico, detto anche *lex parsimoniae*, che esamineremo in dettaglio in seguito. Ne anticipo per comodità il contenuto: i movimenti dei corpi fisici avvengono secondo una traiettoria "economica", ovvero di minimo consumo energetico. In coerenza con tale principio, ed estendendone la portata ai processi biologici, la *dracaena* produce odore e miele soltanto quando servono.



Fig. 2 - *Dracaena fragrans*.

Vediamo un'altra spettacolare *performance* che riguarda il pipistrello *nettarivoro* e una pianta che i pipistrelli "sanno" essere ricca di nettare.

Nella foresta amazzonica raggiungono al buio il fiore della *marcgravia evenia* per mangiare il nettare e impollinarsi. Si orientano, nella perfetta oscurità della notte e del sottogiungla, emettendo ultrasuoni che la pianta, incurvando le sue grandi foglie in forma parabolica, riflette in un fascio coerente, che ritorna all'emittente e ne segna il percorso.

² Un completa illustrazione sulla collaborazione *stapelia-moscone*, ai fini della riproduzione, si trova in: Peter H. Raven, Ray F. Evert, Susan E. Eichhorn, *Biologia delle piante*, Bologna, Zanichelli, 2013⁶, p. 545.

³ Sul lavoro dei pipistrelli nella fecondazione floreale, vedi Peter H. Raven, Ray F. Evert, Susan E. Eichhorn, *Op. cit.*, pp. 552 e seguenti.



**Fig. 3 - Il pipistrello nettari-
voro che succhia il nettare
della margravita evenia.**

Un tale rigoroso, stupefacente ordine non fu colto da Democrito i cui atomi cadono perpendicolarmente e s'incontrano, quando s'incontrano, per formare le cose. «Democrito che il mondo a caso pone», osserva Dante (Inf., IV, 136).

Epicuro introdusse, senza darne una spiegazione, la deviazione casuale dalla traiettoria rettilinea degli atomi che ne permette l'incontro. Chiamata da Epicuro con vari nomi (parenclisi, greco *παρέγκλισις*), fu ripresa e resa più nota da Lucrezio nella sua opera *De rerum natura* con il nome latino di *clinamen* (inclinazione).

Una versione moderna e scientifica del *clinamen* è la valenza chimica, per mezzo della quale, e con il contributo dell'attrazione tra molecole e atomi, si formano i composti chimici.

4. Caso e Necessità, Caos e Fato, Cosmo e Ordine

Un finalismo esplicito, quello della valenza chimica!

Non però per Jacques Monod.

Nella sua opera *Il caso e la necessità* (1970) il caso è il caso e la necessità è l'evoluzione darwiniana con i relativi mutamenti genetici spinti dal caso e indirizzati dalla necessità di un *clinamen*, come per gli atomi di Epicuro. Pennerà poi l'evoluzione a configurarli nella varietà degli esistenti.

I biologi spiegano la predisposizione reciproca tra moscone e stapelia e tra pipistrello e piante nettarine, con un'evoluzione parallela.⁴ Una spiegazione del tipo accade perché accade, poiché è inevitabile chiedersi il perché dell'evoluzione parallela. In ogni caso quel parallelismo evolucionistico sarebbe un finalismo anco-

⁴ Sull'evoluzione parallela o coevoluzione, vedi Peter H. Raven e Altri, *Op. cit.* pp. 544 e seguenti.

ra più sofisticato e mirato di quello che noi ci limitiamo a constatare.

Importante è, dice Monod, evitare il ricorso a Dio. Ma possiamo evitarlo con l'intervento del caso e dell'evoluzione parallela, oggetti più misteriosi di Dio, o di quel dio, la cui presenza Monod vuole evitare?

Un dio è però all'opera anche nel modello di Monod. Lo mette in scena lui stesso nelle vesti della nuova biologia molecolare e della genetica che regolano, a suo giudizio, il rapporto tra caso e necessità sotto il profilo ontologico.

Secondo Monod la biologia scientifica si è sviluppata sulla base di un postulato di oggettività. Esso esclude che i fenomeni naturali si possano spiegare facendo riferimento a un qualche progetto o fine intrinseco alla natura che implicherebbero la presenza o l'azione, presente o remota, di un dio. Progetto e fine sono dimensioni del pensiero umano e non proprietà delle cose, ci dice. Per la scienza è la mutazione che spiega l'ontologia dell'essere vivente e la mutazione è frutto del caso.

Raramente è possibile veder raggruppate in uno scritto scientifico tante aporie con cui si costruisce una spiegazione, al fine di escluderne un'altra.

Si parte dall'esclusione di un dio e qui l'aporia sta nella minuscola. Si noti anche l'articolo "un" per indicare come il dio minuscolo non è il Dio unico delle religioni monoteiste o enoteiste. Può essere semplicemente un principio trascendente naturale o extra-naturale che non conosciamo ancora e che potrebbe emergere dall'indagine, se non la chiudessimo ancor prima di aprirla.

Il piccolo dio di Monod comunque c'è ed è la mutazione genetica.

Il postulato di oggettività non è ovviamente dimostrato, ma, se si tiene conto dell'oggettiva funzionalità della natura, biologica e minerale, la presenza di un'intelligenza oggettivata appare immediata e plausibile.

Quanto a quelle concettualizzazioni che, secondo Monod, sono dimensioni del pensiero umano e non proprietà delle cose,

questa è una caratteristica propria di ogni riflessione, quale che ne sia l'orientamento e la qualità. Un procedere inevitabile.

C'è però qualcosa di conosciuto in queste asserzioni di Monod ed è la dottrina del caos primitivo e dell'onnipotente Fato. Niente di strano in questo ribadimento, se non il fatto che non si fa un passo avanti rivestendo il mistero antico di una veste moderna.

Monod esclude la presenza di elementi soggettivi nello svolgimento di una ricerca scientifica. Ma cosa sono le ipotesi che danno sistematicamente l'avvio a una ricerca? Cos'è il Programma di Ricerca, di cui parla Popper, se non un progetto ispirato da un'idea? Cosa sono le relazioni e i modelli che s'individuano inductivamente nella fase preliminare e si mettono in campo costruttivamente e provvisoriamente, salvo conferma, per spiegare un fenomeno naturale? Escludere la dimensione soggettiva dalla ricerca non è cassare il ruolo del ricercatore e rinunciare a una impostazione epistemologica?

Monod non ha bisogno di altre ipotesi e modelli perché ha già il suo apparato di postulati, ipotesi e modelli. La sua affermazione che l'origine del divenire nel mondo biologico è la mutazione genetica è una di queste idee soggettive e a priori. Ma si può chiedere qual è l'origine della mutazione genetica? Certamente si può ci dice Monod: è il caso. Ma non potrebbe essere una potenzialità di quella materia-energia che ha dato luogo al Big Bang e ne ha guidato l'espansione, tutt'altro che casuale alla luce delle sofisticate configurazioni materiali e immateriali che si sono realizzate, a loro volta determinate da alcune singolarità della materia in espansione? Potrebbe; e forse con maggiore plausibilità. È una porta da non chiudere prima di aver dato uno sguardo all'interno.

Ma il caso ha il pregio della semplicità e ha anche antiche origini. È il Caos dei greci, cui, già allora, si opponeva la necessità del Fato. Lo sviluppo del pensiero greco, all'insegna della razionalità, è contrassegnato dalla demolizione progressiva del mito, i cui racconti vengono progressivamente rimpiazzati da nuove concettualizzazioni. In questa linea Caos e Fato cedono il passo all'idea di Cosmo (Ordine) che si tradurrà nelle leggi della natura. Insieme

Caos e Fato, o Cosmo e Ordine, in virtù della loro ineffabilità, fanno quel piccolo dio che Monod voleva schivare.

L'evoluzione darwiniana, in sé e nella versione del parallelismo (coevoluzione) appaiono come il classico *deus ex machina*, nato in Grecia per sbrogliare, in finale, la trama di una *pièce* teatrale che si era troppo aggrovigliata. Una soluzione estrinseca rispetto allo sviluppo testuale naturale che non piacque ad Aristotele e non piacque a Orazio. Mi sento di sconsigliarla anche agli aspiranti ontologisti oggettivisti della natura.

Evoluzione ed evoluzione parallela sarebbero ciò che Kurt Gödel, nella sua prova matematica dell'esistenza di Dio, chiamerebbe, per prudenza e per pudore, *a God like being*.

Talvolta però l'antico ha prodotto una luce che si conserva intatta nel tempo.

Anassagora di Clazomene (V sec. a. C.), come tutti i filosofi-scienziati in quel tempo di felice unione fra arte e scienza, aveva chiarito il punto dell'origine delle cose con un ragionamento che è un esempio di logica costruttiva.

Dice, in sostanza, che la "cosa" che va a proporre come origine di tutte le cose è una "non cosa". E mi piace pensare che abbia aggiunto, anche se non risulta dagli scarsi frammenti rimasti della sua opera, "io non so se esiste; se sì, essa è un *noûs àpeiron autokrates*" (intelletto senza confine autopotente).

Platone e Aristotele, gelosi, lo contestarono; Kant lo esaltò con un discorso ispirato:

Se nella storia della filosofia greca, oltre ad Anassagora, non si trovano tracce di una teologia razionale pura, il motivo non è nel fatto che quegli antichi filosofi mancassero d'intelletto e di perspicacia, per elevarsi a quella teologia per la via della speculazione [...] Che cosa poteva essere più facile, che cosa più naturale del pensiero che si presenta da se stesso a ognuno, di ammettere, invece di gradi indeterminati di perfezione nelle diverse cause del mondo, una causa unica razionale che ha ogni perfezione? Ma sembrava loro che i mali del mondo fossero obiezioni troppo im-

portanti per ritenersi in diritto di fare una tale ipotesi (*Critica della ragion pratica*, libro II. Dialettica, cap. II, VII).

Questa lunga citazione di Kant e il richiamo alla soluzione anassagorea hanno qui lo scopo, non di affermare una verità che meriterebbe un'approfondita discussione, ma semplicemente di presentare un metodo. È quello della logica costruttiva che procede per ipotesi e modelli e appresta costrutti provvisori, sulla base delle evidenze via via raccolte, fino ad arrivare, se possibile, a un costrutto che la coerenza teorica e l'evidenza sperimentale soddisfacentemente corroborano.

Il significato e la verità del costrutto di Anassagora rispondono infatti a una rigorosa logica: se si cerca l'origine delle cose, la cosa, o la "cosa-non cosa", che si cerca deve avere determinate caratteristiche, in caso contrario non serve allo scopo. L'evoluzione darwiniana, l'evoluzione parallela, la mutazione genetica non hanno quelle caratteristiche. Meno che mai il Caso e la Necessità che ci portano indietro migliaia di anni.

Questa illustrazione non è però ancora completa. Manca la citazione di un altro acquisto dell'indicazione fornita da Anassagora. È la rilevazione scientifica, cioè obiettiva, di un'intelligenza dispiiegata nella natura, un *noūs*, non posseduto consapevolmente dalla natura, ma presente in essa oggettivamente, perfettamente visibile e all'opera.⁵ In quest'opera rientra un preciso finalismo, quello che caratterizza i *semi* da lui indicati. Sono le particelle costitutive della materia organica, le quali, se assimilate, si specificano nell'articolata configurazione dell'assimilante. Anche questa idea è frutto dell'osservazione: il fatto, dice Anassagora, che il pane diventa capello, sangue, ossa.

Il *noūs* per le sue caratteristiche costitutive è trascendente rispetto alla natura ma è presente immanentemente in essa.

⁵ Sull'intelligenza o spirito, il Geist germanico, incorporato nella natura, vedi Hedwig Conrad-Martius, *Dialoghi Metafisici*, Nardò (Le), Besa Editrice, s.i.d. (orig. 1921).

5. Il finalismo del primo ordine nel mondo inorganico

Volgiamo ora lo sguardo alla materia inorganica e scopriamo che anche in essa è all'opera un finalismo. Due casi spettacolari sono le *Pieghe del tempo*, titolo di un libro di George Smoot e Keay Davidson (Abacus 1995) e le forze di van der Waals.⁶ Le pieghe del tempo sono inspiegabili addensamenti locali della materia o materia ed energia o semplice energia in espansione subito dopo l'esplosione del Big Bang. Attorno a questi punti di singolarità come vengono propriamente chiamati, si condensarono le galassie.

Le tuttora presenti forze di van der Waals fermano l'attrazione tra atomi e molecole alla distanza di 10^{-8} cm.⁷ Ciò per evitare che si riformi la palla originaria.

Entrambi questi aspetti della materia originaria e di quella consolidata sono anomali e, in quanto tali, configurano un finalismo del secondo ordine, nel senso di una natura che corregge se stessa in vista di un obiettivo.

Un'anomalia del tutto ordinaria ma non meno spettacolare è il peso specifico del ghiaccio dell'8% inferiore di quello dell'acqua, in modo che galleggi sulle superficie acquose. Il ghiaccio è un'acqua che galleggia sull'acqua, salvando in tal modo la vita presente nella massa d'acqua che ricopre come una coperta.

Attenzione! Sarebbe facile interpretare questa situazione in termini antropocentrici: la coperta di ghiaccio che salva le nostre grigliate. Non è così.

Sono molti, regolari e sapientemente organizzati i mali che la stessa natura alberga e coltiva per danneggiarci. Basti pensare ai virus che mutano in pochissimo tempo per difendersi dai nostri farmaci.

⁶ Forze attrattive o repulsive tra le molecole, studiate dal fisico-matematico olandese Johannes Diderik van der Waals che stabilì per primo l'equazione di stato dei gas e dei liquidi esprimendo la relazione fra pressione, volume e temperatura. Premio Nobel 1910 per la Fisica.

⁷ 10^{-8} cm = 10^{-7} mm = un decimo di milionesimo di millimetro.

L'uomo non gode di nessun trattamento di riguardo nel pianeta dove abita. È uno degli agonisti nella lotta per la vita e se riesce a difendersi meglio che nel passato, lo fa a danno di altri agonisti e alzando il livello di entropia del pianeta, danneggiando in tal modo se stesso nel lungo periodo.

L'unica osservazione razionale, per interpretare questa drammatica lotta per la sopravvivenza, è che la Natura, se vogliamo soggettivizzarla omaggiandola della maiuscola, difende se stessa nel suo complesso. Sembrerebbe che la filosofia della Natura ad oggi non abbia altro da dirci, se non: *The show must go on.*

6. Interpretazioni "spiritualistiche" della fisica quantistica

Per chiudere, accenno alle "stranezze" che avvengono al livello del mondo fisico infinitesimale, ove però è all'opera un finalismo del primo ordine, teso al funzionamento del sistema cosmico nel suo complesso.

Ne parlo per il fatto che circolano a questo riguardo, anche in campo intellettuale, idee improprie, orientate a una visione spiritualistica della materia a livello quantico vogliosa di scorgere una creatività della materia e dell'energia quantica connessa alla discontinuità dell'erogazione energetica e al principio di indeterminazione di Heisenberg. Queste interpretazioni non sono valide, come illustrato, spero, dalle osservazioni che seguono.

L'erogazione a pacchetti, detti quanti di energia, è una semplice modalità processuale che non cambia la natura dell'energia. Basta in proposito una semplice analogia. Il brodo in una scodella si può assumere in modo continuo, portando la scodella alle labbra, o in modo discontinuo, a pacchetti o per quantità discrete, attingendolo con un cucchiaino. La modalità di attingimento non cambia la natura del brodo.

Circa l'indeterminazione, poi, questa non configura alcuna creatività della materia, che sarebbe libera nelle sue manifestazioni in quanto indeterminata. Va osservato a questo riguardo che "in-

determinato" non significa libero e che indeterminata non è la materia o l'energia oggetto dell'indagine: indeterminati o meglio inadeguati sono, a oggi, i sistemi di misura dei fenomeni e, per questo motivo, indeterminata è, in ogni tentativo di misurazione, la sua completezza e precisione.

L'indeterminazione dipende precisamente dal fatto che il moto delle particelle è ondulatorio, nel senso che le particelle sono portate da un'onda, determinabile nella sua velocità attraverso una funzione caratteristica di quel moto. Ma determinandola con degli strumenti di misura, s'interferisce con il suo andamento, portando l'onda al collasso. Rimane la posizione definita della particella, in autostato, si dice. Pertanto, l'indeterminazione è epistemologica e non ontologica. Quando avremo, se li avremo, metodi di misura adeguati, l'indeterminazione verrà meno.

Un'analogia, ancorché parziale, che aiuti a cogliere la duplicità di stato (posizione) e di moto (onda) di una particella, può essere quella di un surfista che si fa portare dall'onda che cavalca. Raggiunta la spiaggia, la posizione del surfista è determinata, ma l'onda che lo portava è collassata.

7. Il principio di minima azione

I significati metafisici che si sono voluti attribuire ai fenomeni quantistici non sono una novità. Il caso più celebre, nel campo della fisica classica, è il *principio di minima azione*⁸ scoperto da Pierre-Louis Moreau De Maupertuis e illustrato per la prima volta nell'opera *Accord des différentes lois de la nature*, in *Mémoires de l'Académie de Paris*, 1744.

Ci dice che l'azione di un corpo in movimento in un intervallo di tempo, che è il prodotto della massa per la velocità (quantità di

⁸ Una trattazione approfondita del principio di minima azione si trova in Giorgio Israel, *Il principio di minima azione e il finalismo in meccanica*.
<http://www1.mat.uniroma1.it/people/rogora/StoriaDellaMatematica/Materiali/Israel.pdf>.



Fig. 4 - Pierre-Louis Moreau De Maupertuis.

moto) per la distanza coperta, è minima.⁹ Ciò avviene perché, tra tutte le traiettorie possibili, il corpo "sceglie" quella che rende minima l'azione cioè la quantità di moto realizzata e la quantità di energia spesa.¹⁰

Maupertuis si convinse di avere in mano la chiave dell'universo e, nell'occasione, la prova della presenza di un finalismo intelligente dell'universo fisico che provasse, oggettivamente, l'esistenza di Dio come suo autore. Il principio di minima azione appariva a Maupertuis un atto

provvidenziale che soltanto Dio avesse potuto concepire e realizzare. Un dio buon amministratore del patrimonio energetico dell'universo, da utilizzare con parsimonia, ad evitare un anticipato collasso entropico.

La successiva pubblicazione del principio di minima azione portava il titolo tutt'altro che misurato: *Des lois de mouvement et de repos déduites d'un principe métaphysique*, in *Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1745, p. 286 (*Le leggi del movimento e del riposo dedotte da un principio metafisico*, in *Memorie dell'Accademia di Berlino*).

C'è da dire che Maupertuis fu, nel suo tempo, uno scienziato molto quotato in Europa, membro delle più importanti accademie scientifiche in vari paesi, conteso dalle università, chiamato da Federico II a Berlino per riorganizzare, come presidente, l'Accademia della Scienze fondata da Leibniz.

⁹ Cfr. Tullio Levi Civita, Ugo Amaldi, *Lezioni di Meccanica Razionale*, vol. II, parte II, Bologna, Zanichelli, 1927, pp. 508, 509.

¹⁰ La definizione di "azione" data da Maupertuis si riferiva al caso elementare particolare di un singolo punto materiale che si muova a velocità scalare costante lungo un arco di traiettoria nello spazio euclideo tridimensionale. Successivamente Leonardo Eulero, Giuseppe Luigi Lagrange, e altri ancora hanno fornito numerose definizioni più generalizzate di "azione", alcune equivalenti altre relative a contesti fisici diversi (per esempio nello spazio-tempo quadridimensionale di Minkowski).

Inizialmente Maupertuis concepì il suo principio di minima azione per contestare la formulazione della legge di rifrazione della luce,¹¹ ottenuta dal grande matematico Pierre de Fermat dopo i tentativi errati compiuti da Descartes e Newton. La ragione di tali fallimenti era la loro convinzione errata (motivata con ragionamenti diversi) che la luce si muovesse con maggiore velocità nei mezzi più densi. Fermat, invece, assunse come punto di partenza il principio metafisico finalistico secondo cui la Natura agisce sempre scegliendo le vie più semplici, che per lui erano quelle che realizzano una maggiore economia o di tempo o di spazio: un raggio di luce segue il

cammino più corto oppure il più rapido. Nel caso della rifrazione, il raggio di luce giungerà sul fondo del secondo mezzo seguendo un cammino tale da rendere minima la somma dei tempi impiegati a percorrere i due

mezzi: $l_1/v_1 + l_2/v_2$. Affinché ciò accada, poiché la luce viaggia con diverse velocità nei due mezzi a diversa densità, essa dovrà compiere il massimo percorso nel mezzo in cui procede più velocemente (allontanandosi dalla perpendicolare) e il minimo percorso in quello in cui procede più lentamente (avvicinandosi pertanto alla perpendicolare).

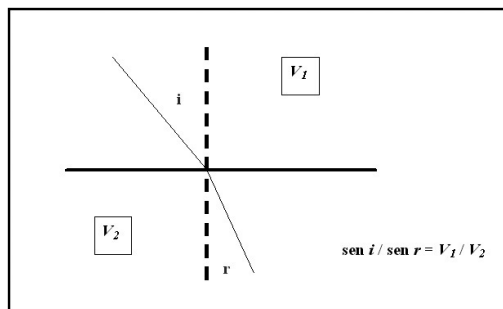


Fig. 5 - La legge di rifrazione della luce.

¹¹ Le prime due leggi erano ben note fin dall'Antichità: la prima asserisce che la luce si propaga in linea retta in un mezzo omogeneo (a densità costante); la seconda (legge di riflessione) asserisce che quando la luce incontra la superficie di separazione di un mezzo impenetrabile (specchio) viene totalmente riflessa: sono uguali gli angoli di riflessione e di incidenza, formati dalle direzioni della luce riflessa e incidente con la perpendicolare alla superficie. La terza invece (legge di rifrazione) si riferisce al caso in cui è penetrabile la superficie di separazione fra due mezzi di diversa densità: la luce nell'attraversarla subisce una deviazione avvicinandosi o allontanandosi rispetto alla perpendicolare alla superficie (angolo di rifrazione).

Fermat pervenne alla legge esatta della rifrazione della luce ($\sin i/\sin r = v_1/v_2$, fig. 5) applicando tale principio e il presupposto, ritenuto fino ad allora un paradosso, che la velocità della luce sia minore nei mezzi più densi e maggiore in quelli meno densi.

Gottfried Wilhelm von Leibniz accolse il principio finalistico di Fermat, ma concependo la semplicità del modo di procedere della Natura come "determinazione" e non come "economia". Anche Leibniz, però, partendo dall'assunzione errata che la luce si muovesse più rapidamente nei mezzi più densi, giunse alle medesime conclusioni errate di Cartesio e Newton ovvero alla legge: $\sin i/\sin r = v_2/v_1$.

Maupertuis, nel tentativo di giungere per vie proprie alla formulazione della legge di rifrazione della luce, prese per buona da Fermat e da Leibniz l'idea di un finalismo nella Natura che potesse spiegare le leggi della fisica con una "causa finale", nel senso di mirante a un risultato. Sostituì però al principio finalistico di "economia" di Fermat e di "determinazione" di Leibniz il suo principio di minima azione. Inizialmente, volendo applicarlo alla propagazione della luce, definì l'azione semplicemente come il prodotto fra la velocità e lo spazio lineare percorso dalla luce. Per cui la quantità da minimizzare era per lui $v_1l_1 + v_2l_2$. Inoltre seguiva l'idea errata - già di Cartesio, Newton e Leibniz - che i corpi più densi facilitassero il moto della luce, aumentandone quindi la velocità. Pervenne così anch'egli alla stessa formulazione errata della legge di rifrazione della luce.

Invece si dimostrò corretta l'applicazione del suo principio di minima azione alla meccanica, con l'introduzione però della massa nella definizione dell'azione, definita quindi come prodotto fra massa, velocità e spazio percorso da un punto materiale.¹²

Il suo principio s'inseriva in modo conclusivo in un indirizzo di ricerca prestigioso, con autori quali Fermat e Leibniz e fu ripreso e sviluppato immediatamente da Eulero, Lagrange, Hamilton,

¹² Per punto materiale in fisica si intende un corpo materiale (che in realtà è esteso) le cui dimensioni possono essere trascurate rispetto a quelle in gioco nel problema esaminato. Per esempio, la Terra è un punto materiale se si studia il suo moto nel Sistema solare.

Klein, Hilbert. Ma il povero Maupertuis fu preso di mira da Voltaire che decise di distruggerlo e ci riuscì, scrivendo su di lui e le sue pretese metafisiche una serie di pamphlet. Giunse alla volgarità di accusarlo di essersi paragonato a un gigante come Leibniz, lui che non superava i cinquanta piedi! L'accusa più paradossale rivolta a Maupertuis dal laicissimo Voltaire fu di voler rimpiazzare con le proprie idee su Dio quelle classiche, alias, aggiungo, tradizionali e ortodosse.

Di Maupertuis si può dire, come del resto di non pochi altri nella storia del pensiero, che fu un geniale e generoso pasticcione. L'unica sua pecca, ma non peccato, fu invece l'eccesso di entusiasmo e di voler fare metafisica con la fisica, sia pure di buona qualità.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'ing. Luca Nicotra per i preziosi suggerimenti e l'attenta lettura del manoscritto.

