



ciclo di incontri - Novembre 1995

Quaderno n. 67

Tempo del sacro, tempo della scienza

chiudi



Scienza e tempo

Eros Gambarini

Quale posto occupa il tempo nella scienza? Può il tempo essere oggetto di scienza, oppure esso è solo uno scenario, una nostra illusione?

L'essere umano è il prodotto del tempo o ne è il creatore?

A quali condizioni deve soddisfare una teoria scientifica perché in essa il tempo svolga un ruolo essenziale? Quali risposte danno a questi interrogativi le varie discipline scientifiche?

La razionalità occidentale per secoli è stata dominata dal sistema di conoscenze elaborato dalla fisica classica -il cosiddetto paradigma secondo la terminologia di T.Kuhn-; i concetti, le parole e la sintassi del paradigma fisico sono stati trasferiti ed utilizzati nelle più diverse discipline, nella speranza di imitare il rigore della fisica, che era visto come un ideale da perseguire.

Eppure relativamente al problema del tempo, che è uno dei più profondi e affascinanti che ci vengono suggeriti dallo studio della natura, tutto il sapere della fisica classica può essere riassunto nella lapidaria risposta che Einstein diede a Carnap. Alla domanda: "dov'è il tempo?" Einstein rispose: "il tempo non è nella fisica".

Le cose sono ora molto cambiate.

Oggi tutti sembrano concordare sull'importanza dei processi evolutivi nei più diversi campi, dalla cosmologia alla biologia; ma per la descrizione di questi processi il tempo-illusione della fisica è un concetto inutilizzabile. Essi possono essere trattati solo utilizzando un nuovo paradigma in cui il tempo svolga un ruolo sostanzialmente diverso: non più il tempo-illusione ma il tempo reale.

Questo nuovo paradigma che si va affermando è il paradigma biologico, che viene applicato allo studio dei processi irreversibili. Esso getta non poca luce sul problema del tempo e della sua caratteristica asimmetria.

In questa introduzione cercheremo di vedere quali sono le caratteristiche di questi due paradigmi, e quali le loro conseguenze relativamente al tema che ci interessa: il rapporto con il tempo e con la storia.

Il paradigma della fisica classica

La fisica classica è nata negli ultimi anni del Cinquecento e Galileo ne è considerato il fondatore.

Come spesso accade gli eventi fondatori sono circondati da aneddoti che, se considerati attentamente, si rivelano ben altro che innocue storielle.

Il giovane Galileo si trova nel duomo di Pisa. La funzione religiosa non lo interessa particolarmente.

La sua attenzione si sposta alle oscillazioni di un lampadario, che si smorzano gradatamente fino a diventare impercettibili. Il fenomeno è talmente comune da apparire banale, e finora osservandolo tutti avevano visto in esso una conferma della teoria aristotelica: nel moto naturale prima o poi il corpo deve ridursi alla quiete nel punto più basso consentito dai vincoli.

L'aneddoto racconta che in questa circostanza Galileo abbia intuito la legge dell'isocronismo delle oscillazioni del pendolo, che cioè il tempo di oscillazione è lo stesso sia per oscillazioni grandi che per oscillazioni piccole.

Per rendere omaggio a Galileo come fondatore del metodo sperimentale si narra anche che egli abbia verificato la costanza del periodo di oscillazione contando i battiti del proprio cuore.

In effetti è incredibile quante buone idee siano sorte nella fisica studiando una palla appesa ad un filo, questo di Galileo è soltanto il primo esempio.

Naturalmente Galileo ha visto nel moto di un pendolo qualcosa che nessuno prima di lui aveva visto, perché lo ha guardato con occhi diversi; comprendere questa diversità significa comprendere su quali basi e su quali metodi è stata fondata la fisica classica.

Gli "occhi diversi" di Galileo vedono in maniera nuova ciò che è importante e ciò che è secondario in questo fenomeno: sono le oscillazioni stesse e non il ritorno alla quiete il fatto importante.

Lo smorzamento delle oscillazioni è un fenomeno secondario dovuto alla resistenza dell'aria, se trascuriamo questo effetto accidentale il moto verso l'alto sarà altrettanto naturale che il moto verso il basso, nessuno dei due sarà il moto preferito dal pendolo, ma i due moti saranno perfettamente reversibili tra di loro scambiandosi periodicamente le parti.

Già da questo esempio possiamo capire quale sarà l'ossatura del metodo di Galileo, su cui si fonderà il modo di procedere della fisica, e che possiamo articolare nei seguenti punti:

1) La natura si presenta spesso in maniera troppo complessa, essa appare caratterizzata da eventi che si susseguono in maniera disordinata, casuale ed irreversibile.

Se vogliamo interrogare la natura dobbiamo farlo là dove essa si presenta semplice e regolare, all'interno di questo mondo disordinato dobbiamo operare una selezione cercando di individuare i fenomeni che sono veramente essenziali separandoli e sfrondandoli da ciò che è contingente ed accidentale.

Questo è il criterio fondamentale introdotto da Galileo: astrazione e schematizzazione dei sistemi che si vogliono studiare.

In un celebre passo de *Il Saggiatore* Galileo afferma che:

"La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto dinanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non si impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i suoi caratteri sono triangoli, cerchi, e altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto"

2) Mediante il processo di astrazione è possibile cogliere che, al di sotto delle apparenze, l'universo è semplice, regolare e ordinato. Ciò significa che esso è scritto con linguaggio geometrico, ed è in questo linguaggio che bisogna porre le domande: la teoria matematica precede l'esperienza.

Questa è forse l'intuizione più importante di Galileo, che giustifica perché la tradizione storica lo consideri come il padre della scienza classica: per la prima volta nella storia del pensiero umano, nell'opera di Galileo si realizza l'idea della fisica-matematica.

3) L'idealizzazione dell'esperienza porta Galileo a respingere una fisica del senso comune, per fondare una fisica deduttiva ed "astratta".

Le esperienze a cui Galileo si richiamerà non sono, e non saranno mai, che esperienze del pensiero poiché gli oggetti della sua fisica non sono oggetti reali, ma piani assolutamente lisci o sfere assolutamente sferiche, tutti oggetti che non si trovano nella realtà fisica.

Non è il primato dato all'esperienza, come comunemente si afferma, ma il rovesciamento del rapporto fra teoria ed esperienza, a costituire la novità della rivoluzione galileiana.

Normalmente Galileo viene presentato come l'osservatore prudente e sagace, come colui che ha fondato il metodo sperimentale, che consiste nel pesare, misurare e calcolare, rifiutando di seguire la via del ragionamento astratto e aprioristico.

A questo proposito val la pena di riportare un brano del *Dialogo sui massimi sistemi* giornata seconda.

Si sta discutendo di dove una pietra cada quando viene lasciata cadere dall'albero di una nave che si sta muovendo velocemente. Salviati sostiene che nessuno ha fatto questa esperienza, perché se l'avessero fatta avrebbero visto che la pietra cade ai piedi dell'albero, sia che la nave si muova sia che non si muova.

E' poi la volta dell'aristotelico Simplicio:

"E voi questa esperienza l'avete fatta per parlarne con tanta sicurezza? Perché se né voi, né gli altri l'hanno fatta, la discussione è oziosa, poiché laddove si tratta di cose così remote da ogni umano discorso, solo l'esperienza può sollevare ogni dubbio".

E' difficile non essere d'accordo con Simplicio: se due teorie fanno previsioni contrarie, niente di meglio che ricorrere all'esperienza per decidere chi ha ragione. Ci aspetteremmo pertanto di vedere Salviati dare una dettagliata descrizione dell'esperienza eseguita. E invece:

"Io senza esperienza sono sicuro che l'effetto seguirà come vi dico, perché così è necessario che segua; e più vi aggiungo che voi stesso ancora sapete che non può seguire altrimenti, se ben fingete, o simulate di fingere, di non lo sapere. Ma io son tanto buon cozzon di cervelli che ve lo farò confessare a viva forza"

Questo passo è di un'importanza capitale: da esso dipende tutta l'interpretazione dell'opera di Galileo. E quindi della scienza classica in generale. Molto semplicemente si tratta della funzione e del ruolo dell'esperienza nella scienza. Certamente l'opera di Galileo è piena di appelli all'esperienza....E tuttavia non è Salviati (il portavoce di Galileo) ma l'aristotelico Simplicio che viene presentato come il sostenitore dell'esperienza, Salviati, di contro, ne proclama l'inutilità. La buona fisica si fa a priori e solo dopo la deduzione si istituisce l'esperienza.

In realtà l'esperienza intesa come osservazione del senso comune è stata più di ostacolo che di aiuto nella nascita della scienza classica. Lo sperimentare, inteso come un interrogare la natura, presupponeva l'utilizzo di un linguaggio con il quale porre le proprie domande e che consentisse di decifrare le risposte della natura.

La decisione di usare un linguaggio geometrico non può certo essere considerata come dettata dall'esperienza: siamo di fronte, piuttosto, ad una rivoluzione che cambia il modo di guardare il mondo, che sconvolge un atteggiamento intellettuale assai naturale sostituendolo con un altro che naturale non era.

Sulla funzione che l'esperienza ha avuto nella scoperta della legge d'inerzia riporto una pagina magistrale di A. Koyré:

“Come abbiamo già avuto occasione di dire l'esperienza non favorisce affatto la nuova fisica; i corpi cadono e la terra gira: ecco due fatti che essa non può spiegare e che la fanno vacillare sin dall'inizio.

Contrariamente a quanto molto spesso si dice, la legge d'inerzia non deve la sua nascita all'esperienza del senso comune e non è una generalizzazione di questa esperienza, e neppure la sua idealizzazione.

Ciò che si trova nell'esperienza è il moto circolare o, più generalmente, il moto curvilineo, non ci si trova mai - salvo il caso eccezionale della caduta di un corpo, che non è per l'appunto un moto inerziale- di fronte a un moto rettilineo. Tuttavia è proprio il moto curvilineo quello che la fisica classica si sforzerà di spiegare partendo dal moto rettilineo.

Curioso modo di procedere del pensiero, nel quale non si tratta affatto di spiegare il dato fenomenico con la supposizione di una realtà subgiacente (così come fa l'astronomia che spiega i fenomeni, ovverosia i movimenti apparenti, con una combinazione di movimenti reali), e neanche di analizzare questo dato nei suoi elementi semplici per ricostruirlo a cose fatte (metodo risolutivo e compositivo, al quale -a nostro avviso a torto- si riduce la novità del metodo galileiano), ma si tratta, per essere precisi, di spiegare ciò che è partendo da ciò che non è, da ciò che non è mai. E anche partendo da ciò che non può mai essere.

Spiegazione del reale assumendo come base di partenza l'impossibile. Curioso modo di procedere del pensiero! Procedimento paradossale quanti altri mai, procedimento che chiameremo archimedeo o meglio platonico: spiegazione, o meglio ricostruzione del reale empirico partendo da un reale ideale. Modo di procedere paradossale, difficile e rischioso; e l'esempio di Galileo e di Descartes ci farà immediatamente constatare la sua contraddizione essenziale: necessità di una conversione totale, di una sostituzione radicale di un mondo matematico, platonico, alla realtà empirica -poiché solo in questo modo valgono e si realizzano le leggi ideali della fisica classica- e impossibilità di questa sostituzione totale che farebbe scomparire la realtà empirica invece di spiegarla, e che, invece di risolvere i fenomeni, farebbe apparire fra la realtà empirica e la realtà ideale il baratro mortale del fatto non spiegato.”
(Koyré -Studi galileiani- Einaudi pag. 209)

Quindi il gran libro della natura interpretato mediante l'armonia del linguaggio geometrico, ma per far questo è necessario rinunciare ad una rappresentazione dettagliata dei fenomeni complicati che caratterizzano la realtà terrestre. Qualunque fenomeno deve essere sfronato da ciò che è accidentale per poter cogliere la sottostante semplicità, regolarità, reversibilità e ordine a cui poter applicare il linguaggio matematico. Solo ciò che mostra queste caratteristiche può essere isolato dal caos del mondo e conosciuto.

Da Galileo in poi la metodologia dell'indagine scientifica risulta centrata su due cardini:

1) I sistemi che sono oggetto di ricerca scientifica non sono praticamente mai i sistemi reali. Questi normalmente risultano troppo complessi per essere indagati così come sono; è necessario prima di tutto operare una idealizzazione del sistema, che consiste nell'isolare il fenomeno che interessa separandolo dai fenomeni collaterali che vengono chiamati “perturbazioni”.

La scienza è piena di questi modelli ideali: il gas ideale, le soluzioni ideali, il moto ideale, le superfici senza attrito, gli urti elastici, le sfere perfette.....ecc.

2) Assunzione della natura come suddivisibile in parti indipendenti e più maneggevoli, comprensibili singolarmente. In tal modo la conoscenza di un sistema costituito da un gran numero di unità elementari interagenti può essere ricondotta alla conoscenza delle proprietà delle singole unità, cosicché il comportamento del tutto non è altro che la somma delle parti.

Nel suo Discorso sul metodo René Descartes fornisce la seguente regola: “Quando un problema è troppo complesso, suddividilo in tanti sottoproblemi, che saranno corrispondentemente abbastanza semplici perchè tu possa risolvere ciascuno di essi per suo conto”.

Il metodo cartesiano parte dalla tacita premessa che, una volta raggiunta la soluzione di tutti i problemi individuali, sia possibile ricavare il comportamento del sistema complessivo dalla somma delle singole soluzioni.

A partire da questi presupposti vengono sviluppati strumenti matematici estremamente potenti che consentono di trasformare la fisica in un dispositivo caratterizzato da una grande capacità di previsione: basta assegnare lo stato iniziale di un sistema e le forze che agiscono su di esso ed il passato e il futuro di quel sistema risulteranno determinati in maniera univoca.

L'immagine del mondo che si afferma viene rappresentata con la metafora del mondo-orologio fondata sulla triade riduzionismo-meccanicismo-determinismo, cioè sulla convinzione che tutti i sistemi siano suddivisibili in parti elementari (riduzionismo), in modo che sia possibile ricavare le leggi del moto di queste parti (meccanicismo), e che queste leggi consentano di stabilire con certezza le concatenazioni necessarie tra gli eventi (determinismo).

fisica classica e tempo

Già Laplace sottolineò una conseguenza sconcertante del determinismo assoluto: se lo stato futuro di un sistema può essere predetto esattamente conoscendo il suo stato presente e le leggi di evoluzione del sistema rappresentate da equazioni matematiche, allora un essere superiore che conoscesse la posizione attuale di tutte le parti componenti l'universo e le azioni agenti su di esse, avrebbe una conoscenza istantanea di tutto il passato e di tutto il futuro dell'universo.

Che ne è, in questo paradigma, del tempo, della storia e della sua irreversibilità?

Nella struttura della fisica classica l'esistenza del tempo rimane un mistero, sembra che esso non abbia nessuna funzione.

Newton nei suoi *Principia* afferma di non definire spazio e tempo in quanto concetti notissimi a tutti.

Di fatto nella sua trattazione l'idea implicita è quella di un tempo assoluto e trascendente, una specie di scenario assoluto nel quale gli eventi “accadono” senza che esso svolga alcuna funzione; tutto quanto può e deve accadere è già contenuto nelle condizioni iniziali del sistema e nelle leggi di evoluzione: il tempo appare superfluo, esso è eterno e preesistente all'universo stesso.

Gli oggetti di cui si occupa la fisica classica sono oggetti che non hanno “storia”, sono oggetti su cui il tempo sostanzialmente non ha alcuna presa.

Strettamente legata al problema della natura del tempo è la questione dell'irreversibilità.

Fin dall'epoca dei primi pensatori greci si sono formate, in proposito, due correnti di pensiero. La prima, che faceva capo ad Aristotele ed Eraclito, riteneva che il mondo degli eventi osservabili fosse ciò che andava indagato e spiegato, riconoscendo con ciò il ruolo essenziale che il tempo svolgeva in questi processi reali.

L'altra corrente, portata al massimo sviluppo da Platone, attribuiva importanza fondamentale a forme immateriali che costituivano dei modelli perfetti, dai quali derivavano, sia pure in modo imperfetto, tutti i fenomeni osservati.

Da qui la svalutazione del ruolo del tempo: essendo queste forme ideali eterne, esse erano anche invariabili temporalmente. Solo le loro approssimazioni reali risultavano variabili.

E' facile osservare come l'aspirazione di Galileo, e quindi tutta la tradizione

fondata su di essa, di descrivere il reale a partire da un ideale linguaggio matematico, appartenga a questa seconda tradizione.

Anche gli strumenti matematici approntati dalla fisica classica riflettevano questa aspirazione: al loro interno non trovavano spazio i fenomeni irreversibili.

La dinamica newtoniana è perfettamente reversibile, nel senso che se un determinato processo è fisicamente possibile allora lo sarà anche il processo inverso dal punto di vista cinetico. Basterà immaginare di invertire le velocità dei componenti il sistema e questo ripercorrerà la strada di ritorno di quel processo che prima aveva fatto in andata.

L'irreversibilità dei processi di trasformazione naturale, che mostrano una caratteristica "freccia" del tempo, all'interno della meccanica newtoniana rimane inspiegabile.

Questa impostazione atemporale non è rimasta limitata solo alla meccanica newtoniana.

Un punto di vista che ha acquistato sempre maggiore influenza è quello che pone l'accento sulle leggi di conservazione.

Queste leggi si riferiscono all'invarianza nel tempo di alcune grandezze fondamentali come l'energia o la quantità di moto.

Al di sotto di tutti i cambiamenti esistono grandezze che rimangono invarianti, e tale invarianza viene considerata ancora più centrale delle stesse leggi che regolano il cambiamento, al punto tale che in molti considerano le leggi di conservazione non solo come le più importanti, ma come le sole leggi.

Questa impostazione ha costituito la base degli straordinari successi conseguiti dai fisici delle particelle elementari; in questo settore non viene presa in considerazione nessuna teoria che non sia fondata su principi di simmetria e di invarianza.

Ma qual è la ragione della priorità data alle leggi di conservazione?

Per comprendere tale ragione dobbiamo anche chiederci: perché una grandezza fisica si conserva?

La risposta a questo interrogativo è stata data dalla matematica Emmy Noether che ha dimostrato un importante teorema secondo il quale la conservazione di ogni grandezza è connessa con qualche specifica simmetria presente in natura.

Ogni volta che scopriamo una grandezza fisica che si conserva scopriamo anche nuove proprietà di simmetria: queste leggi di conservazione ci parlano quindi della struttura profonda della natura.

Così la simmetria dello spazio e del tempo implica l'invarianza delle leggi fisiche rispetto a trasformazioni associate con queste simmetrie, e questa invarianza implica l'esistenza di certe leggi di conservazione.

Ad es. la conservazione dell'energia è connessa con la simmetria del tempo, e quindi con il fatto che le leggi di natura siano invarianti in tutti i tempi, il che equivale ad affermare che esse rimangono sempre le stesse, indipendentemente dal momento in cui si compiono le misurazioni.

Questa impostazione ha avuto un grande successo, il quale ha contribuito a rafforzare la tendenza ad attribuire importanza agli aspetti atemporali della realtà: le simmetrie, gli equilibri e le grandezze che si conservano.

La necessità di un nuovo paradigma

I limiti di una cultura fondata sul paradigma fisico sta diventando evidente oggi, nel momento in cui ci rendiamo conto che il nostro mondo non è fatto come questo paradigma presupporrebbe.

Già nella seconda metà del secolo scorso il clima culturale era andato mutando

ed erano emerse discipline scientifiche che cercavano di aderire molto più attentamente alla percezione che il trascorrere del tempo lascia tracce incancellabili: dai cieli della meccanica, dove tutto era reversibile, si era scesi ai più bassi livelli della Terra dove i sistemi sono segnati in maniera irreversibile dallo scorrere del tempo.

Termodinamica ed evoluzione sono le due scienze del tempo che si sviluppano in questo periodo: il tempo entropico ed il tempo evolutivo. Il tempo compare in esse con un ruolo sostanzialmente diverso; il tempo termodinamico dà origine ad un'evoluzione che annulla le differenze fino al raggiungimento di una situazione di equilibrio indifferenziato mentre in biologia e in sociologia lo scorrere del tempo è legato ad una crescita dell'organizzazione.

Tuttavia soltanto negli ultimi decenni questa consapevolezza si è estesa al punto da mettere in dubbio la tendenza che dominava le scienze fisiche.

Evidentemente per rimettere in questione un sistema che aveva conseguito successi straordinari dovevano essere necessarie motivazioni molto solide.

Queste motivazioni vengono fornite dai nuovi campi di indagine che nel frattempo si sono aperti.

Finora la fisica si era occupata di raggiungere e di studiare gli estremi delle scale con cui ci rappresentavamo l'universo. In modo intuitivo si avvertiva che era a questi estremi che andava ricercato il segreto fondamentale della costituzione dell'universo.

Così ci si è spinti agli estremi dell'infinitamente piccolo e dell'infinitamente grande, agli estremi dei tempi e delle temperature.

Ci si accorse, però, che un cambiamento era necessario quando ci si spinse verso un altro estremo, che non riguardava né il mondo dell'infinitamente piccolo né il mondo dell'infinitamente grande, ma le regioni intermedie a questi due estremi - che sono poi le normali regioni all'interno delle quali si svolge la nostra esperienza - ed è l'estremo della "complessità".

L'interesse per i sistemi complessi ha investito molte discipline, ed il concetto stesso di complessità è diventato ambiguo, perché usato con definizioni e interpretazioni diverse.

Qui mi interessa riferirmi a una caratteristica fondamentale dei sistemi complessi, che è quella della loro strutturazione secondo una gerarchia di livelli, ognuno dei quali è caratterizzato da proprie leggi e da un proprio vocabolario, per cui una legge del livello superiore non può essere formulata utilizzando un vocabolario del livello inferiore.

A questi sistemi complessi, costituiti da aggregati di moltissime particelle, non risulta più applicabile il principio riduzionista per cui basta conoscere il comportamento delle parti per conoscere anche il comportamento del tutto. Per il fatto di essere in molti emerge qualcosa a livello superiore, secondo il motto della complessità che si potrebbe esprimere con: *di più è diverso*.

Sorge pertanto il problema fondamentale se per spiegare questi sistemi siano sufficienti le leggi della fisica e della chimica, e quindi sia sufficiente partire dai livelli inferiori che li costituiscono, secondo il classico schema riduzionista, o se invece le nuove proprietà, emergenti come risultato dell'organizzazione, si possano capire solo dallo studio dei sistemi nella loro totalità. In tal caso abbiamo bisogno di principi nuovi o "emergenti" da considerare accanto a quelli della fisica e della chimica, ed abbiamo bisogno anche di un nuovo linguaggio che non ci parli di leggi al di fuori del tempo, ma che sia in grado di prendere in considerazione anche quei processi che portano il segno della storia, essendo caratterizzati dall'irreversibilità, dalla irripetibilità, dalla imprevedibilità, dalla contingenza e dal disordine.

Tutto ciò comporta una drastica svolta nel modo di affrontare nella pratica il problema della conoscenza del mondo attorno a noi, una svolta che ci porti ad una concezione del mondo come organismo complesso, le cui parti sono in

reciproca interazione, e che in nessun modo può funzionare come fosse una macchina; una svolta che sostituisca l'arroganza scientifica con la più umile consapevolezza che noi siamo parte di un sistema più vasto, e che la parte non può controllare il tutto.

E' precisamente questo che si intende per cambiamento di paradigma.

il paradigma biologico

Nel passaggio dal paradigma della fisica a quello della biologia è in gioco la categoria del riduzionismo.

Alla fine del secolo scorso, quando la fisica classica entrò in crisi, la maggior parte dei fisici rinunciò alle categorie di causalità e di determinismo. Nessun cambiamento, invece, si ebbe nei confronti del riduzionismo, che continuò ad essere considerato una categoria essenziale al fine di poter caratterizzare la fisica come scienza delle leggi.

Non si creda, tuttavia, che la linea di demarcazione tra riduzionisti e anti-riduzionisti corrisponda all'appartenenza ad una delle due discipline.

In realtà proprio la biologia fu il luogo principale dello scontro fra queste due tendenze; scontro che è così caratterizzato da M. Ageno:

“La biologia fino a ieri aveva due facce, che si ignoravano a vicenda quasi del tutto: la biologia evolutiva e la biologia funzionale. La biologia evolutiva, quale erede di quella che un tempo si chiamava la storia naturale, considera gli organismi viventi come entità indivisibili, le cui peculiarità caratteristiche emergono solo al livello della totalità e non sono deducibili che in parte dall'analisi delle subunità costituenti. La biologia funzionale, invece, essenzialmente riduzionistica, si dedica allo studio analitico di ciascun organismo, determinandone la struttura e i processi interni fin nei loro più minuti particolari. Scendendo dal livello comportamentale e fisiologico a quello della cellula e, ancora oltre, al livello molecolare, tende a riportare la spiegazione di tutti i fenomeni biologici ad eventi che si verificano a quest'ultimo livello e quindi in definitiva a ridurre la biologia alla chimica e alla fisica delle molecole.”
(citaz. da M. Cini- Un paradiso perduto- Feltrinelli- pag. 231)

Per l'argomento che ci interessa possiamo limitarci a dire che i fisici hanno sempre mostrato scarsa considerazione per la biologia (Ernst Rutherford paragonava la biologia al collezionare francobolli), finché, nell'immediato dopoguerra, nasce la biologia molecolare. Questa nuova disciplina progredisce secondo direttrici molto simili a quelle che avevano caratterizzato lo sviluppo della fisica quantistica; sia i biologi molecolari che i fisici quantistici sono impegnati nella ricerca dei “costituenti ultimi” ai rispettivi livelli. Tra questi due gruppi di scienziati esiste una forte omogeneità culturale; non è un caso che allo sviluppo della biologia molecolare danno un contributo significativo alcuni fisici prestati alla biologia (Francis Crick scopritore della struttura a doppia elica del DNA, e Max Delbrück fisico teorico allievo di Niels Bohr).

Se vogliamo esaminare come i problemi connessi al tempo e alla storia hanno intersecato le vie percorse dalla scienza non è a questo filone della biologia che dobbiamo guardare.

Per quanto ci interessa risulta molto più importante il percorso seguito dalla biologia evolutiva. Come dice M. Ageno “Non ci sono, per i fenomeni biologici, altre spiegazioni che quelle evolutive”, e una scienza che si proponga di investigare i processi evolutivi deve ricorrere ad un paradigma diverso da quello utilizzato per descrivere palle da biliardo o galassie.

Questo nuovo paradigma è caratterizzato da due elementi fondamentali:

- 1) Il ruolo in esso giocato dal tempo: essendo i processi evolutivi costituiti da una successione di eventi unici ed irripetibili, il tempo deve entrare nella loro descrizione in maniera essenziale. Spiegazioni fondate su immutabili leggi di natura non sono più sufficienti, è necessario ricorrere anche a spiegazioni di

carattere storico.

- 2) Il linguaggio utilizzato: per sottolineare il potere della storia sui processi evolutivi si deve ricorrere ad un linguaggio diverso da quello utilizzato dalle scienze *hard*, un linguaggio che sia in grado di assumere anche la forma del racconto per poter narrare di eventi costituiti da infiniti dettagli, ognuno dei quali contribuisce a realizzare il risultato evolutivo finale così come, di fatto, esso si determina.

Un autore, in particolare, pone questi due punti al centro della propria attenzione: Stephen J. Gould.

La sua teoria degli equilibri puntuati, (di cui parlerà Franco Carlini nella relazione successiva), rappresenta una revisione delle teorie evoluzionistiche tradizionali, ed a partire da essa Gould si pone importanti interrogativi sulla natura della storia, che lo portano a concludere che la caratteristica principale della storia è la contingenza.

L'idea della storia come contingenza sottolinea il fatto che noi siamo il risultato di un passato contingente e non l'inevitabile e prevedibile risultato di leggi di natura semplice ed eterne, mettendo in crisi, con ciò, la concezione dominante dell'evoluzione, caratterizzata dall'idea di cammino verso l'alto e dal determinismo di questo cammino.

Gli eventi storici sono molto complessi, ed in essi il caso si presenta come la manifestazione di una molteplicità di possibilità eventuali, una sola delle quali si realizza, ed in genere non per suoi particolari meriti, ma per il verificarsi di una serie di concomitanze storiche irripetibili.

Uno degli ultimi libri di Gould è percorso da questa idea:

“Se l'umanità è sorta solo ieri su un ramoscello secondario di un albero rigoglioso, la vita non può in alcun senso genuino, esistere per noi o a causa nostra. Forse noi siamo solo un ripensamento, una sorta di accidente cosmico, una decorazione appesa all'albero di Natale dell'evoluzione” (La vita meravigliosa-Feltrinelli pag. 40)

e riportando una frase di Mark Twain:

“L'uomo esiste da 32.000 anni (la stima corrente per Homo Sapiens è di 250.000 anni). Che siano occorsi cento milioni di anni (molti di più secondo le stime attuali) a preparare il mondo per lui è una prova che il mondo esiste per l'uomo. Io suppongo che sia così. Non lo so di sicuro. Se la torre Eiffel rappresentasse l'età del mondo, lo spessore della vernice sul pinnacolo al suo vertice rappresenterebbe la durata relativa dell'esistenza dell'uomo; e chiunque percepirebbe che quel sottile strato di vernice fu ciò per cui fu costruita la torre. Suppongo che lo percepirebbe, non lo so di sicuro”. (ibid. pag. 41)

Nel suo libro Gould riporta un esempio illuminante del ruolo fondamentale del caso nell'evoluzione della vita. Dalla analisi dettagliata di un giacimento di fossili (giacimento di Burgess) degli inizi del Cambriano (circa 570 milioni di anni fa), appare evidente che in un periodo relativamente breve si presentarono organismi con una straordinaria molteplicità di piani anatomici diversi. Di tutti questi piani anatomici solo pochi sopravvissero, la maggior parte fu spazzata via dalla decimazione che ebbe luogo in seguito.

Tra queste specie ve n'era una, la *Pikaia*, rappresentata da alcuni piccoli esemplari insignificanti, che però mostravano una traccia rudimentale di corda spinale, e così conclude Gould:

“*Pikaia* è l'anello mancante finale della nostra storia, la connessione diretta fra la decimazione della popolazione di Burgess e la successiva evoluzione umana. [...] Immaginiamo di riavvolgere indietro il nastro della vita fino al tempo del giacimento e di farlo ripartire. Se *Pikaia* non sopravvive nel replay, noi siamo spazzati via dalla storia- tutti quanti, dal pescecane al passerotto all'orangutan. E io non credo che un allibratore,

considerata l'evidenza che oggi possediamo, avrebbe valutato molto elevate le probabilità di sopravvivenza di *Pikaia*.

Se vogliamo quindi porci la domanda di sempre: perchè esistiamo? una maggior parte della risposta, relativa a quegli aspetti del problema che la scienza può in generale trattare, dev'essere: perché la *Pikaia* sopravvisse alla decimazione di Burgess. Questa risposta non cita una singola legge della natura; non include alcuna affermazione su vie evolutive prevedibili, alcun calcolo di probabilità fondato su regole generali di anatomia o di ecologia. La sopravvivenza della *Pikaia* fu una contingenza di "*sola storia*". Io non penso che si possa dare una qualche risposta "*superiore*", e non riesco ad immaginare che una qualche soluzione sia più affascinante di questa. Noi siamo figli della storia, e dobbiamo seguire il nostro cammino in questo, che è il più diverso e interessante degli universi concepibili: un universo che è indifferente alla nostra sofferenza, e che ci offre quindi la massima possibilità di avere successo, o di fallire, nella via che abbiamo scelto". (ibid. pag. 334)

Come si vede siamo molto lontani dalla concezione di J. Monod, che concepisce il caso come "errore" di trascrizione del codice genetico e quindi come anomalia rispetto alla necessità della riproduzione.

Sottolineare l'importanza della contingenza nei fenomeni storici non significa ammettere che allora siamo nelle mani del caso assoluto, vuol dire invece cogliere l'unicità e l'irripetibilità degli eventi. Dopo che un evento si è verificato, il fatto che esso avesse un carattere contingente significa che esso non si ripresenterà più, perchè sono troppe le cause che hanno concorso a determinarlo.

Così ogni passo compiuto dall'evoluzione procede sulla base di precise ragioni, che sono determinate dal contesto storico in cui esso avviene; basterà cambiare di pochissimo e in un modo apparentemente privo di importanza qualche elemento del contesto e l'evoluzione imbroccherà un canale radicalmente diverso.

Questo significa che il risultato dell'evoluzione non si sarebbe in nessun modo potuto specificare fin dall'inizio, ogni via che l'evoluzione avesse seguito sarebbe stata altrettanto spiegabile, ma solo a posteriori, poiché comportando migliaia di passaggi estremamente improbabili non avrebbe mai potuto svolgersi due volte nello stesso modo.

Non il caso, quindi, ma la contingenza rappresenta il peggiore degli incubi per chi vorrebbe continuare a sperare in un ordine inevitabile; rappresenta la fine dell'idea di evoluzione come progresso inevitabile e prevedibile, sostituita da una storia di infinite possibilità, una sola delle quali si è realizzata, non perché fosse migliore delle altre, ma perché:

"Le origini della vittoria sono altrettanto varie e misteriose dei quattro fenomeni proclamati così misteriosi che noi non li comprendiamo (Proverbi 30,19): la traccia dell'aquila nell'aria, la traccia della serpe sulla roccia, la traccia della nave in mezzo al mare e la traccia dell'uomo nella donna".(ibid. pag. 241)

Ma la storia non riguarda solo il vivente. L'evoluzione è un processo che coinvolge il cosmo e la biosfera oltre che la storia umana. Anche le cose conservano la memoria del tempo e degli eventi che le hanno edificate, e se le scienze cosiddette *hard* vogliono trattare con oggetti complessi devono accettare l'introduzione di elementi storici nella loro descrizione.

Questa circostanza è spesso stata valutata negativamente, perché le spiegazioni storiche si distinguono sotto molti aspetti dai metodi scientifici convenzionali, dal momento che l'accadere degli eventi da esse interpretati, pur rispettando le leggi generali, si situa in un ambito di dettagli contingenti che possono presentarsi solo una volta.

Da qui la distinzione infelice tra scienze fisiche, che si occupano di eventi riproducibili regolati da leggi numeriche precise, e scienze storiche, che trattano gli oggetti complessi con tutta la ricchezza della loro storia che si è data una

volta per tutte, e che nel migliore dei casi ci permette di dare solo delle spiegazioni a posteriori.

La distinzione poteva reggere per la descrizione di quegli oggetti su cui il tempo non aveva presa, ma non regge più per quelli che portano la firma incancellabile e determinante della storia, per cui sono quello che sono in seguito ad una sequenza di situazioni precedenti imprevedibili ed irripetibili: un mutamento anche minimo nella sequenza condurrebbe ad un risultato finale totalmente diverso.

Chi è condizionato dal modello tradizionale di spiegazione “scientifica” potrebbe rimanere deluso da spiegazioni che assumono la forma del racconto, e trovare queste spiegazioni meno interessanti o meno “scientifiche”; ma il fatto è che là dove la storia diventa determinante non si dà alternativa: esse sono le uniche possibili ed accettabili. Il fatto che assumano una forma narrativa non significa che non possano essere sottoposte a verifica con metodi altrettanto rigorosi, per quanto diversi dallo stereotipo del metodo scientifico, o che siano meno interessanti o ricche di informazione:

“Le spiegazioni storiche sono infinitamente interessanti di per se stesse e sotto molti aspetti più interessanti per la psiche umana di quanto non siano le conseguenze inesorabili delle leggi della natura. Noi siamo particolarmente colpiti da eventi che non erano inevitabili, ma che si verificarono per ragioni identificabili connesse a un concorso di circostanze. Di contro, entrambi gli estremi della dicotomia usuale -l'inevitabile e il veramente casuale- hanno di solito un impatto minore sulle nostre emozioni, perché non possono essere controllati da agenti e oggetti della storia, e perciò sono incanalati o urtati, senza molta speranza di poterli respingere. Ma nell'ottica della contingenza veniamo coinvolti e condividiamo lo sforzo del trionfo o il dolore della tragedia.[...] La nostra evoluzione è una gioia e un miracolo perché una così curiosa concatenazione di eventi non si verificherebbe probabilmente mai più, ma, essendo occorsa, ha oggi molto senso. La contingenza è una licenza a partecipare alla storia, e la nostra psiche ne sente il fascino” (ibid. pag. 292)

Queste considerazioni danno un'idea della profondità del cambiamento che l'immagine della natura ha subito negli ultimi decenni: accanto al mondo delle leggi, dell'ordine, della misura comincia a prendere corpo un paradigma storico, che narra di eventi contingenti unici ed irripetibili, che per essere descritti richiedono che vengano abbattute le barriere fra due stili di fare scienza; ed occorre, quindi, che lo scienziato che vuol confrontarsi con essi acquisisca nuove abilità:

“Prospero (nella Tempesta di Shakespeare), dopo aver salvato i suoi nemici dalla tempesta, dice di non poter narrare la storia della sua vita troppo semplicemente, poiché “questa è una storia da narrarsi un po' per giorno e non un racconto da ripetersi a colazione”. Il racconto è lungo e complesso ma affascinante e risolvibile. Noi possiamo conoscere la ricchezza della storia anche nella scienza. Una spiegazione appropriata può richiedere una grande quantità di particolari. Le nostre storie possono richiedere le sottili abilità di Sheherazade piuttosto che la concisione e l'essenzialità; ma chi si è mai annoiato leggendo le storie di Sindbad il marinaio o della lampada magica di Aladino?” (Gould-Risplendi grande lucciola- Feltrinelli pag. 260)

Conclusione

L'uomo ha due occhi
Uno vede solo ciò che si muove nel tempo fuggevole,
L'altro
Ciò che è eterno e divino.

Angelus Silesius

Ritorniamo all'interrogativo iniziale: quale posto occupa il tempo nella scienza?

Le scienze che si occupano del mondo fisico hanno messo a punto un paradigma fondato sugli aspetti atemporali della realtà; le scienze che si occupano dei processi evolutivi devono utilizzare un paradigma che tenga conto del carattere irreversibile di questi processi, e quindi per esse il tempo svolge un ruolo essenziale.

Due paradigmi, due modi di vedere il mondo.

La tentazione è quella di operare una scelta tra di essi, con il risultato di cadere in due ingenuità complementari: quella di chi, guardando i singoli alberi, perde di vista la foresta; e quella di chi, guardando solo la foresta, non saprà mai distinguere un albero da un altro.

I due paradigmi di cui abbiamo discusso, ci sono entrambi necessari, perché ognuno di essi cattura un principio profondo che la comprensione umana dei fenomeni storici richiede assolutamente.

Questa situazione è la conseguenza di un paradosso che con ostinazione attraversa tutta la storia del pensiero umano, e che può essere ricondotta alla contraddizione tra essere e divenire.

Il paradigma della fisica newtoniana si interessa all'essere, a quegli stati del mondo che rimangono costanti.

Gli uomini e le donne, forse perché atterriti dai propri limiti, hanno sempre cercato di ritrovare gli aspetti stabili e duraturi del mondo in cui vivevano, ed in questo senso il paradigma messo a punto dalla fisica classica è quanto di meglio l'umanità sia riuscita ad escogitare: un mondo retto e guidato da leggi eterne ed immutabili, che fanno essere noi e l'universo esattamente così come siamo.

Tuttavia, a dispetto della fisica classica e nostro, in natura non esistono fenomeni che siano reversibili rispetto al tempo. Qualsiasi esistenza è segnata dal tempo che scorre, e ciò significa caducità e cambiamento.

Tutti i processi che avvengono in natura sono irreversibili rispetto al tempo, e niente di ciò che è irreversibile può anche essere duraturo.

Questa situazione ha come conseguenza che le leggi che noi riusciamo a formulare per descrivere le regolarità del mondo che ci circonda possiedano sempre importanti aspetti contingenti che vanno al di là delle leggi fisiche stesse.

Il grande mistero della contingenza non sta nel fatto che il mondo avrebbe potuto essere diverso da come è, ma nel fatto che anche gli aspetti contingenti del mondo possiedano un loro ordine, tale da conferirgli un aspetto *contingentemente ordinato*.

È veramente sorprendente che nonostante le stesse leggi fisiche appaiano contingenti (avrebbero senz'altro potuto essere diverse da come sono), nonostante le condizioni cosmiche iniziali siano state casuali, nonostante tutti i sistemi siano in balia di perturbazioni esterne apparentemente casuali, nonostante gli eventi del mondo microscopico siano di natura essenzialmente indeterminista, esista tuttavia un ordine che noi riusciamo a descrivere.

Tutto ciò rende molto profondo il mistero della contingenza, e, quale che sia la spiegazione, l'intera impresa scientifica dipende da esso.

La nostra esistenza è, quindi, una paradossale combinazione di temporalità e atemporalità dalla quale non possiamo, né dobbiamo, sfuggire.

Le due descrizioni del mondo che abbiamo tratteggiato sono, pertanto, l'espressione di principi profondi di cui la comprensione umana dei fenomeni storici ha bisogno, e la scelta fra una di esse ci è preclusa.

Una bella immagine di quale debba essere la relazione fra due modi interpretativi che non si possono fondere ma che rimangono in uno stato di tensione ci è data,

una volta di più, da Gould a conclusione del suo libro su freccia e ciclo del tempo:

“La grande finestra meridionale di Chartres presenta la più bella illustrazione esistente in tutta la nostra arte dell’interazione necessaria tra frecce e cicli per una visione comprensiva della storia. Qui, alla fine del secondo ciclo, gli evangelisti, gli estensori del Nuovo Testamento, appaiono come nani seduti sulle spalle di Isaia, Geremia, Ezechiele e Daniele, i grandi profeti del primo ciclo del tempo.

Per vedere più lontano, come osservò Newton coronando quattro secoli di metafore che risalivano a queste vetrate (Merton 1965), dobbiamo poggiare sulle spalle di giganti.

Se usciamo e andiamo a osservare le statue del portico di Chartres, scopriamo l’epitome di questo libro in una singola figura. La storia di Burnet ha terminato il suo corso; il regno millenario di Cristo sulla Terra è finito. I giusti sono ascisi al premio eterno. Essi non procederanno però oltre nella loro unicità. Saliranno invece all’inizio e troveranno la pace nel grembo del patriarca Abramo. James Hampton avrebbe capito, poiché la sua visione abbracciava entrambe le metafore del tempo.

Culla l’anima mia.....”(Gould- La freccia del tempo il ciclo del tempo- pag. 213).



Fondazione Serughetti Centro Studi e Documentazione La Porta

viale Papa Giovanni XXIII, 30 IT-24121 Bergamo tel +39 035219230 fax +39 0355249880 info@laportabergamo.it