

2. Le spiegazioni non *ad hoc* dovrebbero essere sempre preferite a quelle *ad hoc* (laddove entrambe siano disponibili).²⁰
3. «Un maggiore sostegno empirico può essere legittimamente rivendicato a vantaggio dell'ipotesi che un particolare fattore abbia causato un certo effetto, purché il controllo sperimentale dell'ipotesi sia stato blindato rispetto ad altri possibili fattori causali.»²¹

Worrall ha affermato che questi principi metodologici stanno alla base della prassi valutativa nella scienza proprio come il *modus ponens* sta alla base dell'inferenza deduttiva. Una persona che accetti p e $p \supset q$, ma si rifiuti di accettare q , ha scelto di chiamarsi fuori dal gioco della logica deduttiva. Analogamente, una persona che rifiuti gli standard valutativi elementari ha scelto di chiamarsi fuori dal gioco della scienza. La razionalità richiede che il gioco venga condotto secondo queste regole. Worrall ha ribadito che dobbiamo mettere da parte le argomentazioni, ed enunciare "dogmaticamente" certi principi elementari di razionalità.²²

Laudan ha risposto che le regole metodologiche di Worrall non sono regole puramente formali come il *modus ponens*.²³ Per esempio, la regola 1 sul controllo di una teoria in contrapposizione con plausibili teorie rivali è un principio *autosufficiente*. Vi sono mondi possibili in cui il principio sarebbe controproducente. In un mondo contenente un numero finito di corvi, ognuno dei quali è stato esaminato, sarebbe ingiustificato controllare l'ipotesi "tutti i corvi sono neri" in contrapposizione con ipotesi alternative. Laudan ha ribadito che ogni principio autosufficiente è soggetto a cambiamento via via che il sapere progredisce.

Secondo Laudan, Worrall ha interpretato in modo fallace la minaccia del relativismo. La minaccia non è costituita dal fatto che i principi valutativi cambiano (giacché essi cambiano), ma dal fatto che non vi è un'analisi ragionata di questo cambiamento.²⁴ Laudan ha affermato che il modello reticolare, sottoposto a limiti di realizzabilità e di coerenza, fornisce l'analisi ragionata richiesta. Worrall, dal canto suo, ha riconosciuto che nessun principio metodologico è puramente formale, e si è dichiarato d'accordo sul fatto che nel corso della storia della scienza i principi metodologici sono stati creati, modificati e abbandonati. Tuttavia ha negato che da questo consegua che *ogni* principio del genere sia stato o dovrebbe essere suscettibile di revisione. Riassumendo la sua controversia con Laudan, Worrall ha dichiarato che

Laudan «non riesce a vedere motivi per credere che una qualche particolare regola metodologica, e di certo nessuna che abbia molto mordente o specificità intrinseca, debba essere *in linea di principio* immune da revisioni via via che apprendiamo sempre meglio come si conduce la ricerca scientifica». Eppure mi sembra chiaro che per riconoscere un senso all'affermazione secondo cui «*apprendiamo* sempre meglio» come condurre la ricerca scientifica, ci deve essere un nucleo di principi valutativi acquisiti come stabiliti e fissi.²⁵

18. Il dibattito sul realismo scientifico

<i>Realismo sulla verità</i>	238
<i>Realismo sulle entità</i>	239
<i>L'empirismo costruttivo di van Fraassen</i>	241
<i>L'"atteggiamento ontologico naturale" di Fine</i>	243

RICHARD BOYD (1942-) è professore di filosofia alla Cornell University. Ha pubblicato numerosi articoli a sostegno della tesi che la migliore spiegazione del successo empirico della scienza è che le teorie scientifiche sono approssimativamente vere.

IAN HACKING (1936-) ha conseguito il dottorato a Cambridge, e attualmente insegna all'Università di Toronto. Ha sostenuto in numerose pubblicazioni che alcuni tipi di manipolazioni sperimentali eseguite dagli scienziati sostengono la posizione del realismo sulle entità. È autore di un'importante storia delle teorie della probabilità e dell'inferenza induttiva.

BAS C. VAN FRAASSEN (1941-), docente a Princeton e presidente della Philosophy of Science Association (Associazione per la filosofia della scienza), ha scritto sulla teoria dello spazio e del tempo, sulla teoria quantistica e sul ruolo delle considerazioni di simmetria nella scienza teorica. L'empirismo costruttivo di van Fraassen è un'alternativa al realismo scientifico che è stata al centro di molte discussioni.

ARTHUR FINE (1937-) ha sviluppato una terza alternativa alle posizioni del realismo scientifico e dello strumentalismo. Ha definito tale alternativa l'"atteggiamento ontologico naturale" (NOA). Nel suo saggio *The Shaky Game*, Fine ha esposto il NOA nel contesto di un'analisi delle metodologie di Einstein, Schrödinger e Bohr. Attualmente Fine è docente presso la Northwestern University.

Nel corso degli anni settanta, il dibattito sull'antitesi realismo-strumentalismo divampò di nuovo. La polemica verteva principalmente su due temi: 1) il vero scopo

cognitivo della scienza e 2) il modo più adeguato di spiegare il progresso conseguito nella storia della scienza.

Realismo sulla verità

La risposta realista alla prima delle due questioni menzionate è che gli scienziati dovrebbero cercare di formulare teorie vere che rappresentino la struttura dell'universo. I realisti sostengono la posizione assunta da Galilei contro gli strumentalisti che, come papa Urbano VIII, cercavano di restringere la scienza al mero compito di "salvare i fenomeni".

La risposta realista alla seconda questione è che le testimonianze del progresso conseguito in passato indicano che l'universo ha una struttura (in gran parte) indipendente dalla teorizzazione umana e che le nostre teorie hanno fornito una rappresentazione sempre più precisa di questa struttura. Negli anni settanta i filosofi della scienza realisti richiamarono l'attenzione sui recenti successi della teoria della tettonica a placche e della teoria della struttura del DNA. Appariva chiaro che gli scienziati avevano ottenuto nuove conoscenze sulla dinamica del cambiamento geologico e sull'ereditarietà e che questi sviluppi fornivano un sostegno alla posizione realista.

Nel 1978 Hilary Putnam sostenne che se non si adottasse un'interpretazione realista, il crescente successo predittivo raggiunto nella storia della scienza sembrerebbe un «miracolo». Putnam osservò che il realismo in questione formula affermazioni sia sulla verità sia sull'esistenza. Entro un certo dominio scientifico, il crescente successo predittivo riflette un'approssimazione sempre più adeguata alla verità. E proprio perché sequenze di teorie di successo formulano affermazioni diverse riguardo a specifici oggetti teorici (per esempio "elettroni", "campi gravitazionali", "geni"), tali oggetti devono esistere.

Richard Boyd spostò l'attenzione dalle sequenze di teorie riuscite ai principi metodologici impliciti nello sviluppo di tali sequenze. Certi principi metodologici sono ampiamente applicati alla formulazione di teorie. Boyd affermò che se ne risultano teorie caratterizzate dal successo predittivo, allora la migliore spiegazione di tale successo è un'interpretazione realista delle teorie.²

Un principio siffatto consiste nel formulare teorie «che quantificano "entità teoriche" familiari». È presumibile che l'applicazione di questo principio abbia determinato l'insorgere di teorie di crescente affidabilità strumentale. Supponiamo che uno scienziato elabori una teoria T_2 attribuendo una proprietà o una relazione aggiuntiva alle entità teoriche postulate da T_1 (per esempio lo spin o le orbite ellittiche rispetto all'elettrone dell'atomo di idrogeno di Bohr). Supponiamo anche che T_2 sia superiore a T_1 quanto al successo predittivo. Boyd asseriva che la migliore spiegazione di ciò è che T_1 stessa è approssimativamente vera, e che l'approssimazione

alla verità è stata incrementata attribuendo una proprietà o una relazione nuova alle sue entità teoriche.

Boyd propose un'argomentazione "abduittiva" a sostegno di questa posizione:

- 1) Se le teorie successive entro un dominio scientifico tipicamente convergono verso la verità, allora i principi del metodo scientifico sono strumentalmente affidabili.
- 2) I principi del metodo scientifico sono strumentalmente affidabili (l'applicazione dei principi fornisce teorie via via più affidabili).

∴ È probabile che le teorie successive in un certo dominio scientifico tipicamente convergano verso la verità.

Gli antirealisti, per contro, cercano di disaccoppiare nozioni di successo predittivo e verità. Laudan, per esempio, ha richiamato l'attenzione sui successi predittivi a lungo termine ottenuti dai modelli planetari tolemaici progressivamente modificati.⁴ Che i modelli abbiano conseguito un successo predittivo non è dovuto al fatto che i modelli epiciclo-deferente siano veri riguardo al moto dei pianeti. Laudan sottolineò che molte teorie scientifiche avevano conseguito un successo predittivo nonostante i loro termini esplicativi centrali non denotassero alcunché. Il suo elenco comprendeva la teoria del flogisto, la teoria calorica del calore e l'etere elettromagnetico.⁵ Laudan ne concludeva che il successo predittivo non è un affidabile indicatore di verità. Inoltre, deplorava che i realisti non fossero riusciti a chiarire che cosa intendevano per "verità approssimata" o per "progresso verso la verità". Questi concetti sono parassitari rispetto al concetto di verità.

Può darsi che alcune teorie scientifiche siano vere, ma nella misura in cui esse fanno affermazioni di carattere universale, non è possibile dimostrarlo. Nessuna quantità di evidenza empirica, per quanto grande, sarà mai in grado di dimostrare che i casi non esaminati assomigliano a quelli già esaminati. A questo riguardo Hume aveva certamente ragione.

Ma se non possiamo dimostrare che una teoria è vera, come possiamo dimostrare che una sequenza di teorie costituisce un progresso verso la verità? Laudan dichiarava che «nessuno è stato in grado di dire che cosa dovrebbe significare essere "più vicini alla verità", né tantomeno di offrire dei criteri per determinare come potremmo stabilire tale prossimità».⁶

Realismo sulle entità

La tesi della "convergenza verso la verità" può apparire poco convincente. Comunque vi sono altri modi per sostenere il realismo. In particolare, si potrebbe afferma-

re che le entità postulate da certe teorie scientifiche esistono effettivamente. Vi sono molti argomenti convincenti a favore del "realismo sulle entità" in contrapposizione al "realismo sulla verità".

Rom Harré ha analizzato le affermazioni del realismo sulle entità per tre regni di oggetti cognitivi. Nel regno 1, vengono fatte affermazioni che sostengono l'esistenza di entità osservabili come Marte, la fossa atlantica e la vena porta renale.⁷ Tali affermazioni possono essere giudicate facendo appello a operazioni sperimentali ragionevolmente dirette.

Nel regno 2 vengono fatte affermazioni che sostengono l'esistenza di entità attualmente non osservabili. Tali affermazioni di esistenza sorgono nel contesto delle «teorie iconiche», le quali postulano l'esistenza di entità che, se reali, sono «oggetti di esperienza possibile» suscettibili di rilevamento da parte di sensi umani opportunamente amplificati. La teoria della circolazione del sangue di Harvey, per esempio, è una teoria iconica che postula l'esistenza di nesi di collegamento tra arterie e vene. Secondo la teoria, questi presunti collegamenti sono vasi cavi attraverso i quali scorre il sangue. Marcello Malpighi, quando scoprì i microscopici vasi che veicolano il sangue e mettono in collegamento arterie e vene, accertò che gli oggetti postulati dalla teoria esistevano effettivamente. I microrganismi e le stelle a raggi X sono altri oggetti cognitivi del regno 2, la cui esistenza è stata stabilita per mezzo di prove strumentali successive. Naturalmente la conclusione che tali entità esistono è basata su considerazioni teoriche pertinenti all'impiego degli strumenti scientifici.

La posizione del realismo sulle entità è che almeno alcuni degli oggetti cognitivi di cui si discute nelle teorie scientifiche esistono. È sufficiente questa posizione, per sostenere che alcune entità del regno 1 e del regno 2 rispondono ai criteri di esistenza adottati nella scienza.

Le affermazioni sul regno 3 sono un'altra questione. Esse asseriscono l'esistenza di entità che «se reali, non potrebbero diventare fenomeni per gli osservatori umani, per quanto ben equipaggiati con dispositivi che amplificano e ampliano i sensi».⁸

I neutrini sono entità del regno 3 che possono essere rilevate facendo riferimento a eventi che si suppone esse scatenino, ma che non sono osservabili in virtù dei sensi umani «amplificati o ampliati». * Rimane aperta la questione, che potrà essere decisa

* C'è una piccolissima probabilità che un neutrino, passando per un serbatoio pieno di una soluzione di cloruro di cadmio diluito, interagisca con un nucleo di idrogeno di una molecola d'acqua in modo da produrre un neutrone e un positrone. Il positrone si annichila immediatamente in seguito alla collisione con un elettrone, e produce due raggi γ in direzione opposta di 0,51 MeV d'energia ciascuno. Il neutrone viaggia per un breve tratto prima di essere assorbito da uno ione cadmio. Tale cattura è accompagnata dal rilascio di tre o quattro raggi γ con un'energia totale di 9 MeV. Data un'appropriata sequenza di eventi (due lampi di raggi γ emessi in direzione opposta di 0,51 MeV seguiti da tre o quattro lampi di raggi γ dell'energia complessiva di 9 MeV) i fisici ne concludono che un neutrino ha colpito un nucleo di idrogeno e quindi che il neutrino esiste. La ragione che sta alla base di questa affermazione d'esistenza è che nessun'altra reazione nucleare nota produce esattamente questa configurazione e sequenza di raggi γ .

dai ricercatori, se il soddisfacimento di un dato tipo di procedura di rilevamento costituisca un appropriato criterio d'esistenza.

Anche i quark sono entità del regno 3. Si ritiene che i tripletti di quark siano associati al trasferimento di forze elementari all'interno del nucleo; eppure, se la teoria corrente è giusta, il quark isolato non può esistere.⁹ Gli antirealisti hanno ragione quando affermano che i quark non si qualificano come entità genuine. Comunque il realismo sulle entità non richiede che ogni oggetto teorico menzionato in una teoria scientifica accettata possieda un referente.

Ian Hacking ha sottolineato che il realismo sulle entità gode di un importante sostegno fornitogli da alcuni fatti dell'indagine sperimentale. Hacking ha osservato che

le entità che in linea di principio non possono essere osservate vengono regolarmente manipolate in maniera da produrre nuovi fenomeni e da poter indagare ulteriori aspetti della natura.¹⁰

Si consideri il caso degli elettroni. Secondo Hacking, la migliore evidenza in nostro possesso a sostegno dell'esistenza degli elettroni non è il potere esplicativo delle teorie sugli elettroni; essa invece è costituita dalle indagini sperimentali in cui gli elettroni vengono manipolati al fine di ottenere informazioni riguardo ad altri processi ed entità. Tra gli esempi importanti di tali indagini vi sono gli esperimenti condotti con il microscopio elettronico, che rende possibile la determinazione di strutture non visibili.* La nostra sicurezza dell'esistenza dell'elettrone è garantita dal fatto che gli sperimentatori hanno potuto avvalersi delle proprietà dell'elettrone per indagare «altre parti più ipotetiche della natura».¹¹ Considerazioni simili valgono per entità teoriche diverse dagli elettroni. Si possono avanzare buoni motivi a favore della conclusione che è stata dimostrata l'esistenza di molte entità postulate dalle teorie scientifiche.

L'empirismo costruttivo di van Fraassen

La posizione strumentalista afferma che le teorie scientifiche sono dispositivi di calcolo che facilitano l'organizzazione e la previsione di asserzioni riguardo alle osservazioni. Sono le asserzioni riguardanti le osservazioni a essere vere o false. Le teorie sono solo "utili" o "non utili".

L'«empirismo costruttivo» di Bas van Fraassen è una variante di questa posizione.¹² Van Fraassen ha introdotto una distinzione tra verità e «adeguatezza empirica».

* Per esempio, gli scienziati hanno impiegato i microscopi elettronici per ottenere immagini dei reticoli endoplasmatici di proteine.

Mentre i "realisti sulla verità" sostengono che le teorie scientifiche sono vere o false, van Fraassen ha ribadito che la contrapposizione calzante è quella fra le teorie che sono empiricamente adeguate e quelle che non lo sono. Una teoria empiricamente adeguata è una teoria che riesce a salvare i fenomeni rilevanti. Van Fraassen ha affermato che lo scopo della scienza consiste nel formulare teorie empiricamente adeguate e che in questo scopo non rientra stabilire la verità di affermazioni riguardanti le entità teoriche.

Van Fraassen circoscrive le credenze sulla verità o falsità ad asserzioni che assegnano valori agli "osservabili", e considera "osservabili" solo quei concetti il cui valore può essere determinato dai sensi umani *privi di ausili esterni*. Perciò un'asserzione riguardo ai crateri sulla superficie di Nettuno è un'asserzione su degli osservabili, dato che è possibile decidere empiricamente la sua verità o falsità mediante l'osservazione diretta (dopo un viaggio piuttosto lungo). Un'asserzione sul moto degli elettroni, per contro, non è un'asserzione su degli osservabili, dato che tali moti non possono essere osservati da organi di senso privi di ausili esterni.

Certe asserzioni sui moti degli elettroni sono empiricamente adeguate. Per esempio, gli scienziati applicano regolarmente la teoria della relatività e la teoria quantistica per descrivere e prevedere i moti all'interno di acceleratori di particelle. Van Fraassen era disposto ad ammettere che le affermazioni riguardo all'esistenza di entità teoriche possono essere vere o false. Non vi è quindi alcuna discussione tra empirismo costruttivo e realismo in merito a ciò che una teoria asserisce; di conseguenza un'affermazione quale "esistono elettroni" va presa alla lettera. Van Fraassen, comunque, raccomandava un atteggiamento agnostico nei confronti di simili affermazioni. L'empirismo costruttivo afferma che l'adeguatezza empirica è sufficiente per gli intenti della scienza. Gli scienziati devono restringere le affermazioni su verità e falsità alle asserzioni sugli osservabili.

Elliott Sober ha evidenziato che uno scienziato che dovesse seguire questa raccomandazione potrebbe trovarsi nella condizione di dover trattare diversamente proposizioni equivalenti. Sober ha richiamato l'attenzione sui seguenti enunciati:

1. C'è una catena alimentare di cui la popolazione umana occupa il vertice.
2. Gli esseri umani mangiano altri organismi, ma non sono mangiati da essi.¹³

La posizione dell'empirismo costruttivo a questo riguardo stabilisce che è appropriato attribuire un valore di verità a 2), ma non a 1), dato che la "catena alimentare" non è un osservabile. Ma 1) e 2) sono enunciati sostanzialmente equivalenti.

Hacking ha ribattuto alla restrizione di van Fraassen, che considera osservabili solo i concetti i cui valori possono essere accertati unicamente grazie ai nostri organi di senso privi di ulteriori ausili, e ha richiamato l'attenzione sull'impiego di reticoli nell'osservazione microscopica di piccoli oggetti.¹⁴ I reticoli vengono realizzati mediante la riduzione fotografica di linee intersecanti disegnate a mano. Spesso i

quadrati del reticolo macroscopico vengono contrassegnati con alcune lettere per facilitare la determinazione della posizione degli oggetti.

Il reticolo macroscopico e il reticolo fotograficamente ridotto osservato mediante il microscopio esibiscono la stessa configurazione di quadrati contrassegnati da lettere. Dato questo isomorfismo,* sembrerebbe errato escludere le cellule ematiche e altri oggetti osservati al microscopio dal regno degli osservabili. In effetti, gli scienziati giudicano le affermazioni di esistenza facendo riferimento a ciò che può essere rilevato, e non solo a ciò che può essere osservato dai sensi umani privi di ulteriori ausili. Inoltre, come Hacking aveva sottolineato, a volte gli scienziati sono in grado di manipolare le entità teoriche (per esempio gli elettroni) nell'investigazione di altri tipi di fenomeni. Posto che entità non osservabili siano state rivelate o manipolate con successo, sembra appropriato credere che tali entità esistano davvero.

L'"atteggiamento ontologico naturale" di Fine

Arthur Fine ha appoggiato la conclusione di Hacking affermando che, nel contesto di specifici programmi di ricerca, è spesso utile formulare interrogativi riguardo alla verità e all'esistenza. Chiedere se sia vero che le barre di rame si dilatano quando vengono riscaldate, che le giraffe hanno lo stomaco diviso in più cavità, o se l'elettrone esista, significa formulare interrogativi che favoriscono il progresso scientifico.

Fine ha distinto tra appelli "locali" e "globali" al realismo.¹⁵ Nella scienza è importante accertare se le specifiche entità ipotizzate esistano. Ma spesso i realisti e gli anti-realisti formulano domande sulla "scienza come un tutto", e in questo modo assumono che la scienza sia un insieme di pratiche che ha bisogno di un'interpretazione.

Il realista dà per scontato che esistano entità correlate in maniera tale da costituire una struttura che (in gran parte) è indipendente dal fatto di essere osservata. Lo scopo della scienza è formulare teorie che rappresentino questa struttura. Le teorie che corrispondono alla struttura del mondo sono vere, e il realista globale assume che alcune teorie raggiungano la corrispondenza richiesta (per lo meno approssimativamente).^{**}

L'antirealista globale, per contro, nega che sia possibile dimostrare che le teorie scientifiche rispecchiano la struttura del mondo. Sostiene che quello che conta è l'efficacia predittiva, e che il successo predittivo non fornisce alcuna garanzia per affermazioni riguardanti la verità o l'esistenza.

* Hacking ha osservato che l'isomorfismo vale per molti processi di fabbricazione di reticoli e per molti tipi di microscopi ottici.

** Il "realismo convergente" è una variante di questa posizione. I fautori del realismo convergente sostengono che è possibile dimostrare che le teorie successive forniscono approssimazioni sempre migliori alla verità.

Fine ha definito la sua posizione l'«atteggiamento ontologico naturale» (NOA);¹⁶ questo atteggiamento consiste nell'accettare la scienza così com'è, il che comporta un impegno ad accettare i «risultati autenticati della scienza» come affermazioni conoscitive sullo stesso piano delle scoperte del senso comune.¹⁷ Si può assumere questo impegno senza presupporre che le conquiste scientifiche siano al di là di ogni dubbio o che le interpretazioni scientifiche che si susseguono siano invariabilmente progressive.

In una prospettiva ontologica naturale, le asserzioni sullo «scopo della scienza» assomigliano alle affermazioni sul «significato della vita»: sia nell'uno che nell'altro caso la strategia appropriata consiste nello scoprire le motivazioni per cui gli individui si sentono obbligati a esprimere dichiarazioni globali, e poi nel fornire una terapia appropriata.¹⁸ Fine ha affermato che

la maggiore virtù del NOA è di richiamare l'attenzione su quanto possa essere minimale una filosofia della scienza adeguata [...] Il NOA, per esempio, ci aiuta ad accorgerci che il realismo differisce dalle molte varietà dell'antirealismo in questo modo: il realismo fornisce una direzione esterna al NOA, vale a dire il mondo esterno e la relazione di corrispondenza della verità approssimata; l'antirealismo aggiunge (tipicamente) una direzione interna, vale a dire le riduzioni della verità, di concetti o di spiegazioni orientate sull'ambito umano.¹⁹

Fine ha ribadito altresì che l'atteggiamento ontologico naturale lascia aperti gli interrogativi riguardo alla natura della verità. In qualsiasi momento dato, vi sono standard stabiliti per valutare affermazioni che sono pretese vere entro un dominio della scienza, e la posizione del NOA è che le questioni riguardanti la verità vanno esaminate facendo riferimento a questi standard. Ovviamente, gli standard per giudicare la verità sono essi stessi suscettibili di variazione di pari passo con la crescita della scienza. Adottare l'atteggiamento ontologico naturale significa accettare anche questo aspetto della scienza.

19. Filosofie della scienza descrittive

<i>I principi tematici secondo Holton</i>	246
<i>L'evoluzione concettuale secondo Toulmin</i>	248
<i>Il processo di selezione secondo Hull</i>	249
<i>La filosofia della scienza descrittiva e la storia della scienza</i>	251

GERALD HOLTON (1922-) ricopre la cattedra Mallinckrodt di fisica, è professore di storia della scienza a Harvard ed è *visiting professor* al MIT. Ha compiuto estesi studi sull'opera di Keplero, Bohr e Einstein. Nei suoi scritti sulla storia della scienza, Holton ha sottolineato il ruolo dei principi tematici nelle decisioni metodologiche e valutative degli scienziati.

DAVID HULL (1935-) è professore di filosofia alla Northwestern University ed è stato presidente della Philosophy of Science Association. Ha studiato gruppi di ricercatori scientifici in azione. In particolare ha ricostruito le conquiste e gli insuccessi dei «tassonomisti numerici» e dei «cladisti». Su un piano più generale, Hull ha elaborato una teoria della scienza basata sulle categorie interpretative della teoria dell'evoluzione organica.

I filosofi della scienza, da Aristotele a Kuhn, hanno cercato di elaborare standard valutativi applicabili alla pratica scientifica. Questi sforzi sono stati improntati da un intento prescrittivo.* I filosofi della scienza prescrittivisti hanno consigliato standard mediante i quali *dovrebbero* essere valutate le teorie scientifiche. Alcuni osservatori hanno trovato che questo progetto prescrittivista è un po' presuntuoso. Il filosofo della scienza si trova nella posizione di voler istruire gli scienziati sull'adeguata prassi valutativa; naturalmente può appellarsi alla scienza «al suo meglio» in quanto fonte o garanzia degli standard consigliati. Tuttavia, la filosofia prescrittivista della scienza

* Un'eccezione è costituita dall'«atteggiamento ontologico naturale» di Fine.

è un'attività legislativa. Si ritiene infatti che l'applicazione degli standard valutativi prescritti contribuisca alla produzione di "buona scienza".

I principi tematici secondo Holton

Nel 1984 Gerald Holton spiegava che i fisici teorici contemporanei sembrano nutrire scarso interesse per le raccomandazioni dei filosofi della scienza, e dichiarava:

Questa è la sensazione della maggior parte degli scienziati, a torto o a ragione: che i messaggi dei filosofi più recenti, i quali da parte loro non siano scienziati attivi, sono sostanzialmente impotenti a tutti gli effetti pratici, e perciò possono essere tranquillamente trascurati.¹

Holton contrapponeva tale presunta indifferenza con l'intenso interesse per i problemi filosofici dimostrato da scienziati precedenti quali Bohr, Einstein e Bridgman.

La reazione di Holton di fronte a questo mutato atteggiamento è consistita nello sviluppare una filosofia della scienza puramente descrittiva. Il descrittivista non fornisce raccomandazioni riguardo alla pratica di valutazione "appropriata", ma aspira a portare alla luce gli standard metodologici e le procedure che hanno effettivamente informato di sé la pratica scientifica. Questi standard e procedure possono essere quelli dichiarati dagli scienziati in questione, ma possono anche non esserlo. Nei casi di Newton e di Darwin, per esempio, il descrittivista deve distinguere la loro pratica metodologica dalle dichiarazioni relative a questa pratica.

Il filosofo della scienza descrittivista prende sul serio l'ammonizione di Feysabend, che raccomandava di «tornare alle fonti». Holton ha fornito contributi in questo senso con i suoi studi su Einstein, Millikan, Bohr, Keplero, Mach e Steven Weinberg, tra gli altri.² Sulla base di queste ricerche, è pervenuto alla conclusione che nello sviluppo storico della scienza sono stati importanti alcuni principi tematici, che hanno espresso gli impegni basilari degli scienziati riguardo al contesto della scoperta e della giustificazione. I principi tematici comprendono:

1. Principi esplicativi (per esempio: l'"incantesimo ionico"; l'ideale di una teoria unificata di tutti i fenomeni; il principio di complementarità di Bohr).
2. Principi guida (per esempio: cercare nei fenomeni naturali qualità che vengano conservate, massimizzate o minimizzate; cercare di interpretare i fenomeni macroscopici facendo riferimento a teorie sulla microstruttura).
3. Standard valutativi (per esempio: economicità, semplicità, incorporazione).
4. Assunti ontologici (per esempio: atomismo, plenismo).
5. Ipotesi sostanziali di alto livello (per esempio: quantizzazione dell'energia; natura discreta della carica elettrica; costanza della velocità della luce).³

I principi tematici non sono scolpiti nella pietra, ma possono essere modificati (conservazione della massa) e persino abbandonati (conservazione della parità). Cionondimeno, la loro influenza è pervasiva nella storia della scienza. In effetti, Holton ha attribuito l'identità nel tempo dell'impresa scientifica all'impegno condiviso dagli scienziati nei confronti di certi principi tematici. È proprio perché c'è un largo consenso sui tipi di teorie che si devono sviluppare e sui tipi di spiegazioni che si devono cercare che la scienza esiste come impresa cooperativa cumulativa.

Questo non vuol dire che ogni appello a un principio tematico sia destinato ad avere successo. In certe occasioni, l'impegno nei confronti di principi tematici ha indotto gli scienziati a tralasciare considerazioni che, retrospettivamente, sarebbe stato necessario tenere presenti. Ciononostante, un commento di secondo livello sulla pratica valutativa scientifica risulterebbe incompleto in assenza di un esame della pervasiva influenza di questi principi.

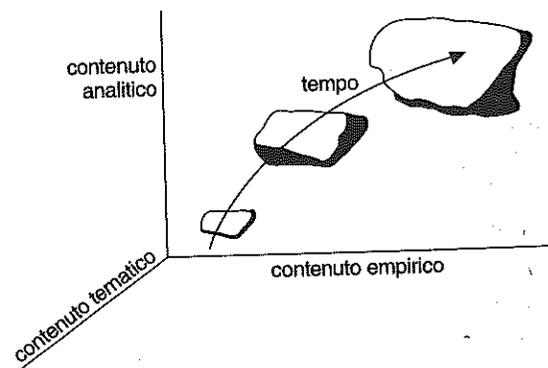
Per interpretare la scienza si devono adottare alcune categorie interpretative. William Whewell aveva sottolineato questo punto, affermando che la teorizzazione scientifica comporta un rapporto tra fatti e idee e che ci sono singole scienze, ciascuna delle quali comprende un insieme di idee fondamentali e di principi primi (vedi il capitolo 9).

In modo analogo, Holton ha raccomandato l'uso di una cornice interpretativa per la filosofia descrittiva della scienza: le attività degli scienziati vanno collocate in una griglia tridimensionale i cui assi rappresentano il contenuto empirico, il contenuto analitico e il contenuto tematico.

Il contributo specifico di Holton è stato quello di sottolineare il ruolo dei principi tematici nell'evoluzione della scienza. È solo facendo riferimento all'asse tematico che si possono formulare risposte plausibili agli interrogativi riportati di seguito:

1. Che cosa c'è di costante nella teoria e nella pratica della scienza, che sono in continua transizione? Che cosa fa sì che essa sia un'impresa continuativa, malgrado i mutamenti apparentemente radicali nella finezza dei particolari e nei punti verso cui viene focalizzata l'attenzione?
2. Perché gli scienziati, assumendosi un rischio enorme, si mantengono fedeli a un modello di spiegazione oppure a qualche principio "sacro", quando in effetti esso risulta contraddetto dall'evidenza sperimentale attualmente disponibile? e
3. Perché gli scienziati che dispongono di un buon accesso alle medesime informazioni spesso finiscono per adottare modelli di spiegazione profondamente diversi?⁴

Holton non ha formulato raccomandazioni prescrittive a favore di specifici principi tematici; sotto tale profilo il suo approccio è descrittivo. La sua sola affermazione prescrittiva è che una filosofia della scienza adeguata deve analizzare la prassi metodologica e valutativa facendo riferimento a una cornice interpretativa sensibile all'infusso dei principi tematici.



La griglia tridimensionale di Holton.

L'evoluzione concettuale secondo Toulmin

Stephen Toulmin ha proposto un modello alternativo per la filosofia della scienza descrittiva. Il suo modello è biologico più che geometrico, ed è un'applicazione della teoria darwiniana dell'evoluzione della storia della scienza.

Toulmin ha raccomandato che i filosofi della scienza spostassero la loro attenzione dalle relazioni logiche tra proposizioni alle progressive modificazioni dei concetti. Inoltre ha rilevato che le domande importanti nella scienza spesso assumono la forma:

Dato che i concetti c_1, c_2, \dots , sono in certo qual modo *inadeguati* ai bisogni esplicativi della disciplina, come possiamo fare per modificarli / estenderli / restringerli / qualificarli in maniera tale da riuscire a formulare più fecondi quesiti di tipo empirico o matematico in questo dominio?⁵

Toulmin ritiene che lo sviluppo concettuale sia un'evoluzione nella quale la "selezione naturale" opera in base a un insieme di "varianti concettuali". I concetti che sopravvivono sono i più "adatti".⁶

Il modello evolutivistico di Toulmin si intreccia bene con la descrizione kuhniana delle rivoluzioni scientifiche. Una rivoluzione è una competizione tra paradigmi (insiemi di concetti). È il paradigma che consegue il miglior adattamento alle pressioni esplicative all'interno della disciplina a vincere la partita; e il paradigma che risolve meglio le anomalie (mutate condizioni ambientali) che hanno portato alla crisi rivoluzionaria è anche il vincitore.

L. Johnatan Cohen ha rilevato che c'è un'importante analogia inversa tra l'evoluzione della scienza e l'evoluzione delle specie. L'evoluzione concettuale, a differenza dell'evoluzione organica, comporta processi "accoppiati". C'è un nesso tra la generazione di varianti concettuali e la selezione di queste varianti. Le varianti concettuali non sono "mutazioni" che sorgono in maniera spontanea e casuale. Gli scienziati inventano varianti concettuali allo scopo di risolvere specifici problemi della loro disciplina. Perciò sono i verdeti degli scienziati a essere responsabili sia della generazione sia della selezione dei concetti. Per contro, nell'evoluzione organica la mutazione e la selezione sono "disaccoppiate". Per esprimere la tesi con le parole di Cohen,

il gamete non ha alcuna facoltà di preveggenza per mutare in modo preferenziale in direzioni preadattate alle nuovissime pretese ecologiche che gli organismi adulti dovranno incontrare in un momento successivo.⁷

Toulmin e Cohen concordano sull'esistenza di questa disanalogia, ma non sulla valutazione della sua importanza. Cohen ha ribadito che la mancanza di accoppiamento tra la generazione delle varianti e la loro selezione è una caratteristica essenziale della teoria darwiniana, e che un'interpretazione concettuale priva di questa caratteristica non è genuinamente darwiniana. Toulmin, viceversa, ha espresso la convinzione che la biologia evolutivistica e il mutamento concettuale abbiano in comune somiglianze sufficienti affinché l'analogia possa risultare utile per l'interpretazione della scienza.

Il processo di selezione secondo Hull

David Hull si è dichiarato d'accordo con Toulmin e ha sviluppato una «teoria generale dei processi di selezione» che considera la selezione un «processo in cui l'estinzione differenziale e la proliferazione di attori interagenti provoca la perpetuazione differenziale dei replicatori rilevanti». I replicatori sono entità di cui vengono eseguite e trasferite copie. Negli organismi che si riproducono per via sessuata, i replicatori sono di solito geni. Gli attori interagenti sono entità soggette a competizione all'interno dell'ambiente. Nel corso del tempo, il processo di selezione porta al formarsi di linee di discendenza. Una linea di discendenza è «un'entità che cambia indefinitamente nel corso del tempo o nello stesso stato o in uno stato alterato come risultato della replicazione».⁸

Una linea di discendenza è una sequenza di replicatori. È anche un individuo, un segmento cronologicamente vincolato di un percorso evolutivo. Hull ha interpretato sia la storia biologica, sia la storia della scienza come processi di selezione. All'interno della scienza, i concetti fungono da replicatori e i singoli ricercatori e i gruppi di ricerca fungono da attori interagenti.

La teoria generale dei processi di selezione fornisce un insieme di categorie per l'interpretazione della storia della scienza. Le innovazioni concettuali che sopravvivono sono quelle più "adatte". La *fitness* può essere valutata facendo riferimento alla "pressione ambientale" all'interno della matrice socio-istituzionale della scienza.

Nella scienza, come nell'evoluzione organica, la *fitness* è un equilibrio tra l'adattamento alle condizioni presenti e il mantenimento della capacità di rispondere creativamente a futuri mutamenti di queste condizioni. In tal modo i verdetti riguardo al successo di particolari mutamenti concettuali sono sempre provvisori. Può darsi che un adeguamento concettuale, che nel momento presente risulta efficace, diminuisca la futura fecondità (adattabilità) della teoria pertinente.

L'interprete della scienza che si trovi ad applicare la teoria generale di Hull si preoccupa di tracciare le linee di discendenza dei concetti. Quello che conta sono i rapporti *casuali* nel processo evolutivo e non gli interrogativi riguardo all'identità di contenuto. Hull, per esempio, ha osservato che le ricerche di Darwin e di Wallace sono entrambe comprese nella linea di discendenza della teoria della selezione naturale, mentre la versione indipendente, ma non influente, della stessa teoria che porta il nome di Patrick Matthew (1831) non lo è.¹⁰ Hull ha ribadito che solo le innovazioni concettuali che sono riconosciute e utilizzate da ricercatori successivi partecipano alle linee di discendenza. Il fattore determinante è la genealogia, e non la somiglianza strutturale.

Hull ha applicato la teoria generale dei processi di selezione in due modi: come cornice in vista dell'interpretazione della storia della scienza e come teoria della scienza. Come teoria della scienza, la sua teoria generale fornisce risposte ad alcuni sconcertanti interrogativi sullo sviluppo storico della scienza. Gli interrogativi sono, per esempio, i seguenti:

1. Come mai la scienza ha tanto successo nel conseguire i suoi scopi riconosciuti?
2. Come mai, se è la formulazione di teorie efficaci quello che conta, gli scienziati sono così preoccupati riguardo alle questioni di priorità e di citazioni appropriate? e inoltre:
3. Come mai le attività di politica gestionale interne della scienza sono così efficaci, in contrasto con gli sforzi inani di politica gestionale di altre professioni?

Hull attribuisce i successi della scienza al fatto che gli interessi propri dei singoli scienziati coincidono con gli scopi della disciplina.¹¹ Quello che contribuisce nel modo migliore alla carriera di uno scienziato è la pubblicazione di un lavoro che sia riconosciuto e usato dai suoi colleghi ricercatori.

È il contributo che uno scienziato fornisce al successo dei suoi colleghi di ricerca a far riconoscere la sua *fitness* in quanto "attore interagente". Dal punto di vista evolutivo, sarebbe controproducente falsificare i dati o insidiare in altro modo l'impresa scientifica. La teoria generale dei processi di selezione di Hull spiega come

La teoria generale dei processi di selezione di Hull

	<i>Evoluzione biologica</i>	<i>Teoria generale dei processi di selezione</i>	<i>Storia della scienza</i>
unità di variazione	forme mutanti all'interno di una popolazione a t_1	<i>replicatori</i> – unità di eredità di cui vengono eseguite copie	concetti, credenze, tecniche di investigazione
unità di modifica effettiva	le varianti di t_1 dominanti all'interno della popolazione a t_2	<i>interagenti</i> – unità coinvolte nella competizione adattiva	singoli scienziati, gruppi di ricerca
prodotti dell'interazione	specie	<i>linee di discendenza</i> – individui storici (segmenti genealogici e non classi)	linee di discendenza dei concetti
meccanismo	selezione naturale	perpetuazione differenziale di replicatori risultante da «attori genealogici che prendono parte a rappresentazioni ecologiche»	scienziati che aspirano a riconoscimenti, vincolati da controlli

mai i casi di ciarlataneria professionale siano rari tra gli scienziati. Il fatto che la teoria dei processi di selezione fornisca una spiegazione razionale del successo della scienza è un punto a suo favore in quanto cornice interpretativa per la ricostruzione delle linee di discendenza concettuale.

La filosofia della scienza descrittiva e la storia della scienza

La versione descrittiva della filosofia della scienza ha la virtù della modestia. Il filosofo deve essere un espositore e non un patrocinatore. Gli scienziati vengono lasciati liberi di impiegare, modificare o ignorare gli standard valutativi portati alla luce dalla filosofia della scienza descrittiva.

Potrebbe sembrare che l'indirizzo descrittivo riconduca la filosofia della scienza nell'ambito della storia della scienza. Il filosofo della scienza diventerebbe uno storico con un particolare interesse per la pratica della valutazione delle teorie. Questo non è propriamente vero. Rimane un'importante diversità di intenti. Mentre lo sto-

rico cerca di produrre resoconti esplicativi, il filosofo aspira a sviluppare principi valutativi applicabili a casi disparati. Come ha sottolineato Kuhn, è proprio questo interesse per ciò che è generale a situare il filosofo in una posizione separata rispetto allo storico.¹² Resta tuttavia da vedere se l'indirizzo descrittivo della filosofia della scienza potrà svilupparsi e prosperare.

Note

Introduzione

¹ S. Toulmin, in *Scientific American*, vol. 214, n. 2 (febbraio 1966), pagg. 129-133; 214, n. 4 (aprile 1966), pagg. 9-11; E. Nagel, in *Scientific American*, vol. 214, n. 4 (aprile 1966), pagg. 8-9.

² Whitehead non impiegava il termine "influenza". Per quanto riguarda la sua concezione del rapporto tra scienza e filosofia vedi, per esempio, A.W. Whitehead, *I modi del pensiero*, il Saggiatore, Milano 1972, pagg. 181-237.

³ G. Ryle, *Systematically Misleading Expressions*, in A. Flew (a cura di), *Essays on Logic and Language. First Series*, Blackwell, Oxford 1951, pagg. 11-13.

1. La filosofia della scienza di Aristotele

¹ Aristotele, *Secondi analitici*, 89b, 10-20, in *Opere*, a cura di G. Giannantoni, Laterza, Roma-Bari 1973, vol. I, pag. 331.

² Ivi, 78a 38-78b 3, pag. 290.

³ Ivi, 71b 20-72a 5, pagg. 262-264.

⁴ Ivi, 73a 25-73b 15, pagg. 269-270.

2. L'orientamento pitagorico

¹ G. Galilei, *Il Saggiatore*, a cura di L. Sosio, Feltrinelli, Milano 1979, pag. 38.

² D.R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Thames and Hudson, London 1970, pagg. 104-107.

³ Gemino è citato da Simplicio, *Commentaria in Aristotelem graeca*, in T.L. Heath, *Aristarchus of Samos*, Clarendon Press, Oxford 1913, pagg. 275-276; ora in M. Cohen, I.E. Drabkin (a cura di), *A Source Book in Greek Science*, McGraw-Hill, New York 1948, pag. 91.

3. L'ideale della sistematizzazione deduttiva

¹ T.L. Heath (a cura di), *The Works of Archimedes*, Dover Publications, New York 1912, pagg. 189-190.

² Ivi, pagg. 91-93.

prescriptive claim is that an adequate philosophy of science must analyse methodological and valuational practice by reference to an interpretative framework sensitive to the influence of thematic principles.

Experimental Practice

Holton was concerned to emphasize the role of general theoretical presuppositions in scientific evaluative practice. During the 1980s a number of philosophers of science sought to shift attention to laboratory practice and the intricacies of experimental design.⁵ An important goal of these studies was to uncover the strategies scientists utilize to validate experimental results.

Allan Franklin documented a variety of strategies scientists employ to distinguish "genuine" experimental results from artefacts created by their apparatus.⁶ These strategies include:

1. Demonstrate that the apparatus correctly accounts for known phenomena. For example, scientists accept spectroscopic data on absorption lines in the spectrum of the Sun in part because similar results are achieved from heated terrestrial gases of known composition.
2. Show that an experimental procedure accounts for known features of phenomena. For example, scientists accept data from infrared spectroscopy of a solution of an organic substance in part because the superimposed spectrum of the solvent corresponds to its known pattern.
3. Employ different types of instruments to generate experimental results. As Hacking has emphasized, scientists use optical, polarizing, phase-contrast, interference, and electron microscopes to examine the structure of minute objects. A coincidence of results from different types of instruments provides support for claims about this structure.
4. Argue that features of an experimental result establish its status as a genuine fact. For example, the motions of the specks of light that Galileo observed near Jupiter obey Kepler's Third Law.* It is implausible that such motions be artefacts created by a telescope.
5. Argue that because a theory of instrumental operation is well established, applications of the instrument to a new range of phenomena is warranted. For example, scientists accept data from radiotelescopes, the principles of application of which are believed to be well established, even though astronomical radio source do not correlate well with visible light sources.

In addition to the above strategies discussed by Franklin, it is important to emphasize that diverse experimental procedures sometimes yield results that

* This is not an argument given by Galileo. Franklin noted that Kepler published the Third Law only in 1619.⁷

are mutually reinforcing. Cannizzaro claimed that Avogadro's Hypothesis of Diatomic Gas molecules receives support from the coincidence of the results of two types of experimental determination of molecular weights—combining weight ratios and vapour density measurements.⁸ Jean Perrin emphasized that Avogadro's Number—the number of atoms in the gram-atomic weight of an element—has been determined by a variety of distinct experimental procedures. These procedures include measurements of the viscosity of gases, Brownian Motion, black-body radiation, and radioactive decay. Perrin took the convergence of experimental results upon a specific value to be decisive evidence for an atomic theory of matter.⁹ Max Planck has made a similar point about the convergence of experimental determinations of Planck's Constant. He took this convergence to support the hypothesis of the quantization of energy.¹⁰

Andy Pickering, reflecting on such strategies, concluded that the "production of an experimental fact" requires that coherence be achieved among three elements. These elements are: (1) a material procedure, (2) a model of the operation of the instrument, and (3) a model of the phenomena under investigation.¹¹ Experiments are designed to yield information about aspects of the phenomenal model. The result achieved is acceptable only if the instruments employed are operated correctly and function as specified by the instrumental model.

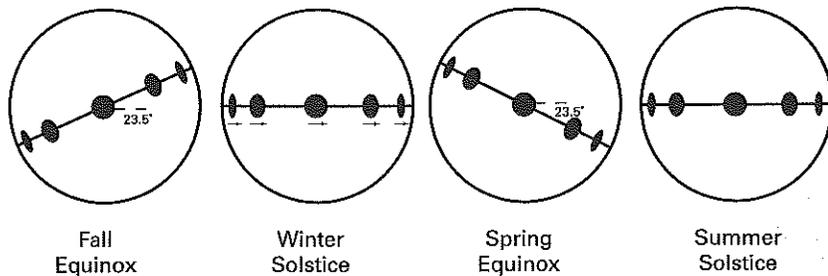
Difficulties about an instrumental model were largely responsible for the refusal of many natural philosophers to accord factual status to Galileo's reports of spots on the surface of the sun (1612). Critics pointed out that:

1. There is no plausible theory about the operation of the telescope;
2. Applied to celestial objects, the telescope magnifies some (planets) and reduces the angular size of others (stars), but, applied to terrestrial objects, the telescope invariably magnifies; and
3. Certain telescopic observations of celestial objects are inconsistent with naked-eye observations—visually single light sources split into two telescopic images, the visual disk of Venus develops horns, and Galileo's published Moon drawings do not conform to naked-eye observations.

In addition, Galileo's opponents questioned his observations by appealing to a geostatic phenomenal model of the Solar System.

Galileo sought to achieve coherence among the three elements of experimental practice and thereby warrant factual status for his claims about sunspots. Galileo argued that the spots were on the surface of the Sun and were not artefacts created by the telescope itself. He emphasized that the spots change shape from oval at the limbs of the Sun to round at its centre, and that they increase in velocity as they move from limb to centre and then decrease in velocity as they move toward the opposite limb.¹²

Galileo recognized that it is important as well to establish coherence between experimental results and a phenomenal model. He was aware that commitment to a geostatic phenomenal model prevented some natural philosophers from according factual status to his sunspot observations. After he came to realize that the orientation of the band of sunspots varies with the seasons of the year, he emphasized that this variation is explained by the heliostatic model but not by the geostatic model. On the heliostatic model, the variation is the result of the $23\frac{1}{2}$ -degree inclination of the Earth's axis of rotation to the plane of its revolution around the Sun. On the geostatic model, by contrast, this variation is simply a puzzle.¹³



Annual Variation of Sunspot Paths

Toulmin on Conceptual Evolution

Stephen Toulmin has put forward a model for descriptive philosophy of science. Toulmin's model is an application of the Darwinian Theory of Evolution to the historical development of science.

Toulmin recommended that philosophers of science shift attention from logical relations between propositions to the progressive modification of concepts. He maintained that important questions in science often take the form:

given that concepts c_1, c_2, \dots , are in some respect *inadequate* to the explanatory needs of the discipline, how can we modify/extend/restrict/qualify them, so as to give us the means of asking more fruitful empirical or mathematical questions in this domain?¹⁴

Toulmin held that conceptual development in an "evolution" within which "natural selection" operates on a set of "conceptual variants". It is the "fittest" concepts that survive.¹⁵

Toulmin's evolutionary model meshes well with Kuhn's description of scientific revolutions. A revolution is a competition among paradigms (sets of concepts). It is the paradigm that achieves best adaptation to explanatory pressures within the discipline that wins the field. The victorious paradigm is

the one that best resolves the anomalies (changed environmental conditions) that led to the revolutionary crisis.

Hull on Selection Processes

David Hull agreed with Toulmin. Hull developed a "General Theory of Selection Processes" which takes selection to be a

process in which the differential extinction and proliferation of interactors cause the differential perpetuation of the relevant replicators.¹⁶

Replicators are entities of which copies are made and transferred. In sexually reproducing organisms, replicators are usually genes. Interactors are entities subject to competition within an environment. Over time, the selection process gives rise to lineages. A lineage is

an entity that changes indefinitely through time either in the same or an altered state as a result of replication.¹⁷

A lineage is a sequence of replicators. It is also an individual, a temporally bounded segment of an evolutionary path.

Hull interpreted both biological evolution and the history of science to be selection processes. Within science, it is concepts that are replicators and individual scientists and research groups that are interactors.

The General Theory of Selection Processes provides a set of categories for the interpretation of the history of science. It is the "fittest" conceptual innovations that survive. Fitness is to be assessed with respect to "environmental pressure" within the social-institutional matrix of science.

Fitness in science, as in organic evolution, is a balance between adaptation to present conditions and retention of capacity to respond creatively to future changes of these conditions. Thus judgements about the success of particular conceptual changes are always provisional. It may be the case that a presently effective conceptual adjustment diminishes the future fertility (adaptability) of the relevant theory.

Hull's Theory of Selection Processes

	Biological Evolution	Theory of Selection Processes	History of Science
Units of variation	mutant forms within a population at time t_1	replicators—units of heredity of which copies are made	concepts, beliefs, investigative techniques
Units of effective modification	those t_1 variants that are dominant within the population at t_2	interactors—units involved in adaptive competition	individual scientists, research groups