

Sviluppo e conflitto della conoscenza. ***Di Giulio Giorello e di Matteo Motterlini***

SOMMARIO: Questo saggio riprende e sviluppa ulteriormente il punto di vista di Popper sulla metafisica e la crescita della conoscenza attraverso la critica. Piuttosto che la retorica di una falsificazione rigida, si afferma che è il conflitto di diversi programmi di ricerca che lottano per la supremazia nella stessa arena a definire il sistema di riferimento per i test sperimentali nella scienza. Il disaccordo e il dibattito a proposito del nucleo metafisico e del potere euristico di diversi programmi di ricerca è il presupposto del sviluppo. A sostegno di questa tesi sono stati analizzati alcuni casi storici e cioè: Galileo contro gli aristotelici sull'atomismo, eliostaticismo contro geostaticismo, e relatività generale contro concezioni alternative sulla gravitazione.

I. DA POPPER A WHEWELL

Il rifiuto di Popper di considerare la metafisica come assurdità senza senso è ciò che contraddistingue il suo punto di vista da quello dei membri della *Wiener Kreis*, fin dal principio. Nel 1934 Popper era già consapevole che la sottile linea di demarcazione non si dovrebbe tracciare tra frasi senza senso e frasi sensate, bensì tra asserzioni empiricamente *confutabili* e asserzioni non falsificabili. La riabilitazione da parte di Popper della metafisica è andata oltre nel *Postscript to the Logic of Scientific Discovery* (*Postscritto alla logica della scoperta scientifica*). Qui egli afferma che la metafisica è in stretta relazione con l'impresa scientifica. Da un punto di vista *storico*, le teorie metafisiche o, per dirla con John Watkins, le "dottrine dell'universo misterioso" (1958), hanno giocato un ruolo creativo nello sviluppo della scienza. Da un punto di vista *euristico*, la metafisica fornisce agli scienziati importanti idee regolatrici, in quanto nell'esprimere modi di vedere il mondo, co-ordina modi di esplorarlo. Le congetture metafisiche, quindi, sono programmi proiettati allo sviluppo futuro della scienza nel definire i problemi da affrontare e le direzioni da prendere.

Sorge quindi la questione su come dovremmo (razionalmente) valutare le teorie *inconfutabili*. "Se una teoria metafisica è più o meno un'asserzione isolata, niente più che il prodotto di un'intuizione o di una percezione lanciata con un implicito "prendere o lasciare" – afferma Popper (1982) – "allora potrebbe essere impossibile discuterla razionalmente" (pag. 200). Di fatto, una teoria metafisica può essere criticata mostrando la propria incoerenza o la incoerenza tra alcune delle sue conseguenze e un risultato scientifico stabilito. È quindi possibile demarcare "all'interno della metafisica" le congetture metafisiche razionalmente prive di valore dalle idee metafisiche che meritano di essere prese in seria considerazione (cfr. *ibidem*, pag. 211).

Prendiamo ad esempio l'antico atomismo: un programma di ricerca metafisico tenace e fruttuoso. Storicamente, per contrastare l'atomismo fisico i Peripatetici hanno avanzato l'argomento che la

diagonale e il lato del quadrato sono incommensurabili (vale a dire non misurabili come multipli di numeri interi della stessa unità): se p è il numero di atomi della diagonale e q il numero di atomi del lato del quadrato, la frazione p/q stabilisce il rapporto della diagonale con il lato. Però dagli studiosi di geometria greca sappiamo che se ipotizziamo che la radice quadrata di 2 è uguagliata a qualche frazione p/q (dove è sempre possibile ipotizzare che p e q non abbiano alcun fattore comune) bastano alcuni passi perché vi sia implicita una contraddizione (si veda, ad esempio, Stillwell, 1989, pag. 8-9).

Allo storico, tuttavia, si chiede di rendere conto della tenacità dell'atomismo nonostante queste e altre obiezioni. Una strategia difensiva "sostanziosa" dell'atomismo non è differente da quella adottata da Einstein nel 1905 a proposito del conflitto tra l'elettromagnetismo e la relatività galileiana: vale a dire dichiarare "manifesta" questa incongruenza e tentare una conciliazione rinunciando a qualche altro "modello" delle nostre costruzioni mentali. (Nel caso di Einstein questo ha comportato l'abbandono della concezione ordinaria di spazio e tempo). In Galileo (1638) la mossa consistette nel trattare i segmenti finiti, quali la diagonale e il lato del quadrato, come se fossero degli aggregati *infiniti* di "parti" *indivisibili*.

Ne *Il Saggiatore* (1623), d'altro canto, Galileo concepì la luce come composta da atomi assolutamente indivisibili; e, d'altronde, concepì i corpi fisici standard come fatti di qualche *minima* ("*minimi quanti*"). In Galileo (1638), tuttavia, abbiamo assistito a un importante cambiamento del concetto dell'atomo stesso. Per spiegare la coesione dei corpi e le transizioni di fase (cambiamenti negli stati fisici) ciascuna porzione finita di materia è presentata come un reticolo costituito da un numero *infinito* di atomi intervallati da vuoti (*vacui*). Se una porzione finita di materia è composta da un numero infinito di atomi e vuoti, allora gli atomi non sono più "*minimi*" (come in Galileo (1632)). Di fatto, essi sono ora elementi senza dimensione ("*parti non quante*") o elementi infinitamente piccoli. Lo stesso vale per i vuoti, anch'essi caratterizzati dall'essere infinitamente piccoli ("*vacui non quanti*").

Galileo (1638) ha perciò concepito un continuo finito come (i) infinitamente divisibile "*in partes semper divisibiles*"; ma anche come (ii) composto da un numero infinito di elementi indivisibili. Se (in linea di principio) potessimo veramente eseguire il processo della divisione *ad infinitum* alla fine resteremmo con quegli elementi indivisibili che sono gli atomi. Però, a differenza di Dio, noi non siamo in grado di eseguire o anche solo meramente concepire una divisione di questo tipo. Di fatto, la struttura fine della materia va oltre l'umana comprensione: aggregati infiniti e numeri infiniti possono essere afferrati solo dalla mente del Creatore. Accade come in molti paradossi tradizionali – parecchi dei quali individuati da Galileo (1638) – i quali sono trascurati dalle considerazioni teologiche. E come Galileo abbia avuto ragione a usare l'idea di un numero infinito di elementi di un continuo per descrivere la materia e il moto con l'aiuto di rappresentazioni geometriche e di formule numeriche (si veda, ad esempio, l'esposizione di Galileo della caduta libera dei gravi nella "Giornata III", dei *Discorsi*.)

È interessante notare come l'atomismo rivisitato di Galileo agisca come un manifesto scientifico (cfr. Regge, 1995), vale a dire, suggerisca i problemi da abbandonare temporaneamente e quelli da poter affrontare con una ragionevole speranza di successo. È importante notare che nello schema di riferimento teorico di Galileo (rivisitato) la concezione del continuo (ii) fa da spiegazione del continuo (i); o, visto da un'angolazione diversa, il manifesto galileiano contiene una spiegazione della parte coronata da successo del suo rivale programma aristoteliano (poiché (i) è un fondamento standard dell'opposizione aristoteliana all'atomismo tradizionale). Per

mostrare che l'atomismo è perfettamente compatibile con la normale geometria, Galileo "restringe" l'idea di una "parte" di un continuo per considerare il punto geometrico come una parte infinitamente piccola di esso, ma egli "allarga" anche il concetto di "numero" per includere tra i numeri l'infinito.

Dal punto di vista di una rigida falsificazione, la mossa di Galileo dovrebbe essere valutata negativamente come un caso tipico di strategia di immunizzazione. Retrospectivamente, tuttavia, questa mossa è indiscutibilmente servita a porre le basi di una nuova cinematica. Più in generale, ha svelato il modo nel quale poter sviluppare una teoria quantitativa del cambiamento fisico. Per non menzionare il fatto che la teoria di Galileo degli indivisibili suggerisce importanti strumenti per trattare problemi matematici quali la determinazione di aree e di volumi (si veda Giusti, 1980).

Riassumendo: l'intero atomismo era un programma metafisico di ricerca criticato dagli aristotelici sulla base della sua incongruenza con la geometria euclidea. Galileo modificò un'importante caratteristica dell'atomismo mutando i concetti di "atomo" e di "numero" per affrontare la contraddizione. Secondo lui la geometria si applica alla materia fisica concepita come una struttura atomistica. Ma i vecchi paradossi dell'infinito avrebbero potuto essere ridiretti contro una tale forma rivisitata di atomismo se non fosse stato per qualche sorta di scetticismo "teologico" che li bloccò per consentire agli studiosi di geometria e agli scienziati di usare la teoria degli indivisibili sia per risolvere classici problemi geometrici che per costruire modelli di processi fisici, dando così un contributo di importanza cruciale alla crescita della conoscenza.

Questa ricostruzione di base di un avvenimento storico vuole principalmente ridurre l'enfasi sulla confutazione e attirare l'attenzione sulla validità della seguente intuizione di William Whewell – il precursore della rivalutazione della metafisica di Popper. Per Whewell, non è evitando la metafisica che facciamo una scienza di miglior qualità; al contrario, è la metafisica di una miglior qualità che rende migliore la scienza. Ecco come si esprime Whewell:

(...) alcuni scrittori sono abituati a parlare con disprezzo di tutte le passate controversie, e a meravigliarsi della cecità di coloro che fin dall'inizio non sottoscrissero il punto di vista che alla fine prevalse. Queste persone dimenticano che è stato appunto il *dibattito*, a stabilire tra ricercatori quella dottrina finale che essi hanno tranquillamente dimenticato; e poiché i sistemi e i libri, e la lingua stessa sono stati adattati specificamente all'espressione della verità accettata. [...] Inoltre, alcuni condannano tutto quello di cui qui abbiamo parlato come della discussione di idee, definendolo *metafisico*; e questo personaggio, uno scrittore [A. Comte] ha parlato del "periodo metafisico" di ciascuna scienza, che precederebbe il periodo della "conoscenza positiva". come abbiamo visto, però, quel processo definito "metafisico" – l'analisi delle nostre concezioni e l'esposizione delle loro incongruenze, - (unitamente allo studio dei fatti) – è sempre preceduto nel modo più attivo nei periodi più *fiorenti* di ciascuna scienza. In Galileo, Keplero e Gassendi, e in altri padri della filosofia meccanica vi è *altrettanta metafisica che nei loro avversari. La principale differenza è che la metafisica è di un tipo più efficace. (is of a better kind)*. (Whewell, 1840, pag. 378, nostro corsivo).

Abbiamo appena visto proprio le ragioni per le quali la metafisica di Galileo era più efficace di quella dei suoi antagonisti. Col senno di poi sappiamo che queste ragioni erano valide. Però, all'epoca di Galileo, queste ragioni non sarebbero state sufficientemente valide per uno scienziato sostenitore di una rigorosa falsificazione che avrebbe giudicato e confutato la sua teoria basandosi sui suoi desiderata epistemologici accreditati.

Alla fine di questa sezione suggeriamo perciò di riconciliare questo episodio storico con la sua analisi epistemologica per spiegare il carattere progressista della strategia di Galileo. Questo si può fare tralasciando il rigido modello falsificazionista di Popper e l'idea della critica come confutazione delle teorie (scientifiche) falsificabili, ma conservando l'idea di Popper della "metafisica criticabile" molto in linea con le intuizioni di William Whewell. Volgeremo ora la nostra attenzione a una ulteriore critica della prima e a un'illustrazione della seconda tramite un'altra controversia scientifica correlata.

II. DA POPPER A DUHEM

Se rapportato con l'influente asserzione di Pierre Duhem che "nella fisica un esperimento non può mai condannare un'ipotesi isolata ma l'intero gruppo teorico" (*The Aim and Structure of Physical Theory* (L'obiettivo e la struttura della teoria fisica), parte II, capitolo 6, pag. 183) il falsificazionismo sembra *a prima face* nascere *confutato*. Naturalmente l'argomentazione di Duhem non sarebbe un problema per il cosiddetto falsificazionismo *metodologico* di Popper se consideriamo tale gruppo teorico di ipotesi come finite. Ma, ha sostenuto Duhem, questo non succede spesso in campo scientifico:

(...) la contraddizione sperimentale non ha il potere di trasformare un'ipotesi fisica in una verità irrefutabile; per darle questo potere, sarebbe necessario enunciare completamente le varie ipotesi che possono rivestire un determinato gruppo di fenomeni; il fisico, però, non è mai certo di aver esaurito tutte le ipotesi immaginabili (1906, pag. 109).

Perciò la falsificazione non può essere semplicemente una questione di routine; non è un semplice processo combinatorio. Eppure, Popper (1963, pag. 238-239, 243) si oppone a quello che viene solitamente definito "il punto di vista olistico di Quine sul test empirico". Secondo questo punto di vista, le nostre asserzioni sul mondo esterno si trovano di fronte all'esperienza del tribunale dei sensi non individualmente ma solo come un "organo collegiale". L'argomentazione di Popper è che "possiamo riuscire ragionevolmente bene ad attribuire una confutazione a parti *definite* del labirinto teorico" (pag. 234). E che questo fatto "deve restare inspiegabile per uno che adotta i punti di vista di Duhem e Quine sulla questione" (pag. 243).

Qui la prima cosa da notare è che Popper è ingiusto nei confronti di Duhem a questo proposito. È ben vero che per Quine (1953) "l'organo collegiale" è la conoscenza nel suo insieme, ma certamente ciò non vale per Duhem. Al contrario, Duhem (1906) ha esplicitamente sostenuto che un buon scienziato è in grado di scoprire "l'errore" e di far progredire ulteriormente l'analisi. "Confutazione" sta perciò per il mutamento da un insieme teorico a un altro più semplice ed elegante del precedente. Ma che siamo nel giusto, secondo Duhem, è solo una questione della saggezza ("*bon sense*") di uno scienziato singolare (cfr. Vullemin, 1979, pag. 599, Gilles 1995, pag. 141-142, Maiocchi, 1990).

Curiosamente questa avrebbe anche potuto essere la via d'uscita di Popper dal problema che il suo approccio metodologico comportava; non lo è stato per il fatto che Popper (1983, sezione 22) conglobò il problema dell'indovinare quali premesse del gruppo teorico fossero responsabili della falsificazione con il problema di trovare una nuova teoria. E a proposito di quest'ultima, egli nella "*Logic of Scientific Discovery*" (Logica della scoperta scientifica) afferma che non vi è alcuna

soluzione razionale – “non vi è niente che si avvicini a un metodo per avere nuove idee” (1934, 1956, pag. 32).¹

Tralasciando la questione esegetica, l'aspetto essenziale della questione è la “sfida omerica” che gli scienziati devono molto spesso affrontare: vale a dire “veleggiare senza correre rischi tra la Scilla del pregiudizio intellettuale che ci fa respingere [importanti] prove non facilmente integrate senza idee preconcepite e la Cariddi dell'irrelevanza” di presunte anomalie (Martin Deutsch, citato in Galison, 1987, pag. 74).

Torniamo alla storia di Galileo. In particolare all'impatto delle sue osservazioni astronomiche sulla comunità scientifica dell'epoca. Come ben noto, nel suo *Sidereus Nuncius* (1610) Galileo riferì dettagli della superficie della Luna che egli interpretò come valli e montagne. Riferì anche della vasta espansione dell'universo, e della Via Lattea che si scoprì consistere di aggregati di stelle singole. Poi, davvero sorprendentemente, notò che Giove aveva quattro satelliti; e nel 1611 (dopo la pubblicazione di *Sidereus Nuncius*) che Venere aveva le sue fasi, come la Luna. Tutti questi fenomeni erano a favore del sistema copernicano solo in quanto fornivano argomenti *contro* il sistema rivale.

La topografia della Luna, ad esempio, chiaramente sollevava dubbi sul tradizionale dogma aristoteliano della distinzione tra regione terrestre e celeste: imperfetta e corruttibile la prima, perfetta e immutabile la seconda. Un'altra e più importante, evidente analogia con il modello copernicano era offerta dai quattro satelliti di Giove. Queste “quattro lune” (o “planeti Medicei” come Galileo li chiamò per rendere omaggio al suo protettore) si scoprirono muoversi in orbite grosso modo circolari attorno a un pianeta collocato al centro. Offrivano quindi una chiara veduta di un sistema copernicano in miniatura che presentava come centro di rivoluzione Giove e non la Terra. Si aggiunga a ciò il “fatto” che probabilmente Galileo considerava l'evento più impressionante a conferma della correttezza dell'astronomia copernicana: le fasi di Venere (cfr. Drake 1978).

Però, nonostante il fatto che Galileo, al contrario dell'interpretazione strumentalista di Osiander, credesse nell'essenziale verità del sistema copernicano, egli era probabilmente consapevole che tali nuovi dati da soli non bastavano a far decidere senza ambiguità tra eliostaticismo e geostaticismo.

Ad esempio passiamo in rassegna il ruolo delle prove fornite da Venere. All'epoca del primo diffondersi delle idee copernicane, le fasi di Venere erano presentate come elemento *contro* Copernico. Di fatto erano sottintese dall'ipotesi copernicana ma non erano ancora state osservate. In questo contesto, la scoperta delle osservazioni di Galileo delle fasi può essere interpretata come tale da riuscire a deviare la freccia del *modus tollens* dalla ipotesi copernicana stessa a qualche altra condizione ausiliaria. In retrospettiva fu perciò una buona “decisione” quella presa dai seguaci di Copernico di non scartare la loro ipotesi, bensì di difenderla tenacemente contro le “prove ragionevoli”. L'osservazione delle fasi col telescopio, tuttavia, non trasformò l'ipotesi di Copernico in una “verità irrefutabile” (al contrario di quanto asserito da Galileo) in quanto le fasi di Venere erano anche compatibili col sistema intermedio di Tycho

¹ Si vedano le lezioni sul metodo scientifico tenute da Lakatos nel 1973 alla London School of Economics reperibili in Motterlini (editore) (1999). Qui Lakatos sostiene che per quanto riguarda i principali contributi di Popper alla filosofia, il criterio della falsificazione “è un passo indietro da Duhem”, e che la sua soluzione del problema dell'induzione “è un passo indietro da Hume” (pag. 89).

Brahe e anche con alcune versioni particolari del sistema tolemaico (si veda Ariew, 1984).² Ciononostante queste fasi costituivano “un’indicazione dell’obiettivo progresso” del sistema copernicano (Lakatos, Zahar 1976). Ma, di nuovo, come dobbiamo interpretare un progresso di questo tipo?

Dopotutto le fasi di Venere non fornivano ne una (più o meno cruciale) conferma della teoria copernicana, ne una (più o meno cruciale) confutazione di quella tolemaica. Piuttosto esse costituiscono una confutazione – la *confutazione di una confutazione* di un’importante obiezione alla prima (cfr. Feyerabend 1975, capitolo 6 e Morpurgo Tagliabue, 1980 pag. 170). Questo non fornisce un’indicazione di progresso ne nel senso di una metodologia “induttivista” (o positivista), ne nei termini di una metodologia rigorosamente falsificazionista; eppure costituisce un segno di “obiettivo progresso” nella misura in cui ha contribuito ad aprire la strada a un fruttuoso programma di ricerca quale quello copernicano – alternativo sia al programma regressivo aristotelico- tolemaico che al sistema compromesso di Brahe.

Inoltre, la strategia di Galileo di sostenere l’eliostaticismo confutando quelle obiezioni che invalidano il copernicanismo, è ancora più chiara alla luce del suo contributo principale alla vittoria del copernicanismo: la “nuova” scienza del moto. Ancora una volta, le fondamenta di Galileo della nuova meccanica non costituiscono alcuna conferma “cruciale” o “diretta” del sistema copernicano, ma piuttosto la neutralizzazione di un importante esempio contrario a esso a proposito del moto della Terra. Questi sono i ben noti argomenti dei Peripatetici secondo i quali la Terra, qualora mossa, deve lasciarsi indietro ogni oggetto, e che un corpo in caduta libera deve colpire il terreno un po’ più indietro rispetto al punto verticale. La conferma del sistema copernicano comporta proprio la necessità di demolire tali argomenti e Galileo riuscì a far questo nei termini di quello che ora è noto come il principio della relatività del moto – che grosso modo afferma che un sasso lasciato cadere dalla sommità dell’albero di una nave in movimento non sarebbe lasciato indietro perché condivide il moto della nave; e analogamente che il sasso lasciato cadere da una torre condivide il moto della Terra. (Per una ricostruzione storica si veda Sparzani 2003, pag. 116-159).

Il sistema copernicano richiedeva quindi la dissoluzione del modo standard di pensare, e questa richiesta generava la “nuova scienza” del moto e, particolarmente, i principi che sembrano più remoti dall’esperienza della vita quotidiana, il principio dell’inerzia e il principio della relatività (Da

² Più in dettaglio, la scoperta che Venere attraversava diverse fasi (come la Luna) avrebbe stabilito la rivoluzione attorno al Sole non solo di questo pianeta ma di “tutti i pianeti”. Tuttavia, qui dobbiamo stare attenti: “tutti i pianeti” avrebbe anche potuto non includere la Terra. Di fatto, la stessa esistenza e le apparizioni qualitative delle fasi di Venere non costituiscono una smentita del geostaticismo. È infatti ancora possibile spiegare le fasi di Venere in un sistema di riferimento tolemaico (cosa di cui Keplero era perfettamente consapevole). Naturalmente, questo richiede alcune modifiche all’astronomia di Tolomeo, ma è almeno discutibile se queste modifiche sarebbero tali da invalidare l’intera astronomia tolemaica. Ariew (1987) ha mostrato che la teoria di Venere nel sistema tolemaico richiede che la linea di mira dalla Terra al Sole attraversi anche il centro dell’epiciclo di Venere. La questione dell’effettiva localizzazione del centro dell’epiciclo di Venere su questa linea di mira è lasciata aperta (è questo il motivo per cui diversi tolemaici hanno espresso opinioni diverse sul fatto se Venere fosse sopra o sotto il Sole). La correzione richiesta dall’osservazione di Galileo di Venere consisterebbe nel fissare il centro dell’epiciclo di Venere al Sole. Non vi sono ulteriori implicazioni derivanti da questo e, certamente, non si può giungere ad alcuna conclusione definitiva per quanto riguarda il comportamento della Terra e delle stelle fisse. Inoltre la correzione qui sembra minimale ed è quasi la stessa dell’acceptare il sistema di Tycho che, a sua volta, era anch’esso in grado di spiegare l’assenza del parallasse stellare.

questo lato i *Discorsi su due nuove scienze* di Galileo non è meno copernicano del *Dialogo sui due massimi sistemi del mondo*).

Inoltre, vale la pena sottolineare che le argomentazioni a sostegno della nuova astronomia non sono tanto una dimostrazione positiva di una teoria quanto una rimozione degli ostacoli che prevenivano la sua accettazione. Tuttavia la principale difficoltà nel difendere il punto di vista di Copernico stava proprio nel paradosso di quelle conseguenze meccaniche che sembravano risultare da esso. Il contributo di Galileo non offriva "l'assoluta certezza" (ammesso che esista) del sistema copernicano, e non ha nemmeno costituito il momento in cui è stato "dimostrato" per la prima volta nella storia. Eppure ha offerto una base solida per nuove indagini, la possibilità concreta di articolare ulteriormente un programma di ricerca "progressivo". Galileo ha portato a termine il compito dello scienziato (e filosofo) che deve dominare il buon senso e portare il problema in un nuovo programma di ricerca dove la sua soluzione può diventare possibile.

III. RITORNO AL FUTURO: LAKATOS, E OLTRE

Abbiamo visto che Galileo ha introdotto dei cambiamenti riguardanti la natura dell'osservazione o qualche idea "naturale" sul moto, e precisamente in campi apparentemente lontani dall'astronomia matematica. Questo sembra essere superficialmente considerato una corroborazione del punto di vista olistico di Quine: quello che di fatto viene testato è un grande "organo collegiale" di conoscenza. Però non possiamo concludere che tale organo collegiale sia l'intera scienza. Di fatto, quello che gli scienziati vogliono veramente cambiare è indicato da quello che decidono di mantenere. Il cambiamento stesso è quindi dipendente dall'identificazione di quello che Lakatos (1970) ha etichettato il "nucleo metafisico di un programma di ricerca scientifico", che consiste di una serie di ipotesi che i ricercatori impegnati nel programma proteggono contro le prove contrarie. Le decisioni, implicite o esplicite che siano, rendono queste ipotesi metafisiche nel senso di Popper (cfr. Zahar, 1989, pag. 21). Quello che occorre fare di fronte a controprove è previsto dall'euristica positiva, che "consiste di una serie parzialmente articolata di suggerimenti o indizi su come cambiare, sviluppare le *varianti refutabili* di un programma di ricerca, come modificare, rendere sofisticata, la cintura protettiva *refutabile*" (Lakatos 1970, pag. 50).

In conformità con l'analisi di Duhem, Lakatos afferma che alcuni risultati negativi di test non costituiscono necessariamente una confutazione, perché possono essere attribuiti a qualche incorretta ipotesi ausiliaria. Di conseguenza, esperimenti cruciali, che sono importanti per Popper, non giocano alcun ruolo nella falsificazione sofisticata di Lakatos, vale a dire che essi non possono decidere "simultaneamente" tra due teorie in competizione. Di fatto, la caratterizzazione di Kuhn della "scienza normale" ha attratto con forza l'attenzione sul fatto che le teorie sono mantenute dalla comunità scientifica ben oltre la loro presunta confutazione (cfr. Kuhn 1961) – spesso grazie a qualche influente metafisica.

Tuttavia, una volta che il modello mono teorico (popperiano naif) della crescita della scienza è stato sostituito da uno pluralistico, e una volta che si è tenuto bene conto della giustificazione logica messa in risalto dalla sfida di Duhem, si deve notare che la distinzione tra nucleo e euristica è raramente "così assoluto come pensava Lakatos" (Zahar 1989, pag. 22), e, noi sosteniamo, che questo non è necessariamente un difetto del punto di vista metodologico di Lakatos.

Dall'inizio della nostra casistica (vale a dire dal *Dialogo* di Galileo), il principio della relatività è sembrato sia vago che metafisico, ma questo apparente vizio si è rivelato una virtù quando Einstein (1905) ha rimosso "l'apparente" incoerenza tra il principio della relatività e la costante della velocità della luce, "sacrificando solo" la legge di composizione delle velocità (e incorporando nell'euristica il requisito che tutte le leggi fisiche devono essere Lorentz-covarianti).

Al nucleo della relatività generale di Einstein (1916) troviamo ancora il principio della relatività, vale a dire i sistemi di riferimento che appartengono a qualche classe sono tutti fisicamente equivalenti; Einstein però (1916) "estende questo principio dall'insieme di sistemi di riferimento inerziali a quella di tutti i possibili [...] sistemi" (Zahar, 1989, pag. 266). La corrispondente importanza prescrittiva equivale al non distinguere tra sistemi di riferimento inerziali e non inerziali. Nei termini dell'euristica positiva questo può essere considerato come il vincolo di covarianza generale unitamente a un requisito di "unità organica" (detto rozzamente, "tutti i fenomeni dovrebbero essere inclusi in una teoria che abbraccia tutto", si veda Zahar, 1989, pag. 24 e pag. 265-270, pag. 302-303).

Un ulteriore sguardo alla struttura e alla dinamica dei programmi di ricerca chiarirà il ruolo giocato dalle considerazioni euristiche. In particolare, l'euristica permette di imprimere alcuni fatti importanti nella struttura deduttiva del programma in un modo simile a quello descritto da Lakatos (1963-4) per quanto riguarda i lemmi o i principi ausiliari o le sottocongetture nella matematica. Più in dettaglio, i ricercatori decidono che alcuni "principi" in matematica o alcune "leggi" in fisica dovrebbero funzionare come vincoli nel costruire una serie di teorie più sofisticate.

I *Principia* di Newton (1687, 1713), ad esempio, richiedono che qualsiasi teoria gravitazionale debba tener conto delle leggi di Keplero definite fenomeni (si veda il Libro III). La misura in cui questi "fatti" sono approssimativamente veri nell'universo newtoniano è chiarita da una parte importante dell'euristica di Newton; vale a dire la teoria delle perturbazioni (si veda Rosveare, 1982, pag. 9-15). Inoltre, nel caso della relatività speciale, il punto di partenza di Einstein fu un'analisi del "fatto", scoperto da Faraday, che nell'induzione elettromagnetica il risultato osservato dipende dalla velocità relativa del conduttore e del magnete, e non dal loro moto assoluto nell'etere. Nel caso della relatività generale il punto di partenza fu l'analisi del "fatto" che tutti i corpi (vicino alla superficie della Terra) cadono liberamente con la stessa accelerazione (cfr. Zahar, pag. 270, 303). In questo famoso risultato di Galileo è implicata "una duplice costanza [...]: lo stesso corpo ha un'accelerazione costante per tutto il tempo della sua caduta; e tutti i corpi, a prescindere dalla loro massa e composizione, sperimentano la stessa accelerazione allo stesso punto della loro traiettoria. Il primo tipo di costanza fu respinto da Newton, ma il secondo può essere dedotto dalla teoria newtoniana" purché si "assuma blandamente che le masse gravitazionali e inerziali sono uguali" (Zahar, 1989, pag. 270-271). Ma nel programma di Einstein questo "lemma" è qualcosa che necessita di essere convalidato. Nel 1912, Einstein espone i problemi come segue:

Sono partito dal punto di vista più ovvio, vale a dire che l'equivalenza tra le masse inerziali e gravitazionali dovrebbe essere spiegata nei termini di una fondamentale identità tra queste due primitive quantità di materia, cioè a dire energia. Da un punto di vista fisico, la presenza di un determinato campo gravitazionale dovrebbe essere considerata come essenzialmente identica ad un'accelerazione dello schema di riferimento. (Einstein, 1912, pag. 1063, tradotto e citato in Zahar, 1989, pag. 273).

Riassumendo: il "principio di equivalenza" comporta che, in un campo gravitazionale, tutte le particelle test a prescindere dalla loro struttura e composizione interna sperimentino la stessa accelerazione ("universalità della caduta libera") esattamente come succede nel caso delle cosiddette forze apparenti. "Poiché una traiettoria in presenza di forze apparenti non è altro che una differente descrizione di una linea retta, ne segue naturalmente la questione se sia possibile introdurre un nuovo concetto di linea "retta" in grado di descrivere anche il moto in presenza della gravità" (Bertotti, 1989, pag. 65). Questo è stato il percorso che ha portato Einstein ad "abbandonare lo spazio piano e ad adottare la geometria riemanniana come base di una nuova rivoluzionaria teoria gravitazionale" (Zahar, 1989, pag. 200).

Il programma di Einstein non è stato sviluppato indipendentemente. A lungo andare la relatività speciale ha "soppiantato" i suoi rivali; ma, per quanto riguarda la relatività generale, non possiamo trarre inequivocabilmente la stessa conclusione. Di fatto, i test classici della relatività generale (l'eccesso di spostamento del perielio di Mercurio, la deflessione della luce da parte di una massa e lo spostamento rosso gravitazionale) possono anche essere spiegati da approcci relativistici diversi (si veda ad esempio Roseveare, 1982, e Will, 1986).

Ricordiamo solo che negli anni '60 la "supremazia" della relatività generale di Einstein era sfidata da ricercatori che si muovevano partendo da un manifesto alternativo, il cosiddetto principio di Mach, vale a dire la congettura che le leggi e le costanti fisiche determinanti il comportamento dei corpi in un laboratorio non siano assolute ma dipendano dalla dinamica globale dell'intero universo, in particolare, dalla materia a grande distanza (cfr. Brans, Dicke, 1961). Un punto di vista che porterebbe anch'esso a una violazione del principio dell'equivalenza (cfr. Dicke 1962). Furono in seguito avanzate altre teorie alternative della gravità, caratterizzate principalmente da equazioni per campi diversi e da geometrie diverse della relatività generale, che tuttavia soddisfacevano ancora il principio di equivalenza e spiegavano il moto con il principio geodetico (per una rassegna si veda Will, 1981). Infine, "fu sviluppata una "teoria della teoria gravitazionale" [...] per studiare e classificare tutte le teorie gravitazionali nel modo il più obiettivo possibile. Diffusa per primi da Robert H. Dicke e Kenneth Nordtvedt jr., questa "teoria delle teorie" si rivelò molto utile anche per l'analisi dei nuovi esperimenti ad alta precisione e suggerì esperimenti futuri resi possibili da ulteriori progressi tecnologici" (Will, 1979, pag. 25).

Per concludere: in tale *framework* caratterizzato da una famiglia di teorie gravitazionali alternative alcuni "principi" usati nella costruzione della relatività generale sono messi in discussione (ad esempio, il principio dell'equivalenza). Tuttavia i ricercatori sembrano ancora concordare sull'accettazione di una versione debole di essi quale requisito di ciascun programma coinvolto nel sistema di riferimento –ad esempio che ciascuna teoria gravitazionale deve incorporare l'universalità della caduta libera (cfr. Will, 1979, pag. 27). Per decenni questo *framework* ha rappresentato il principale incentivo per la progettazione di test e la scoperta di nuovi fatti o di un'interpretazione di un "vecchio" fenomeno in una "nuova" luce. Alla fine, piuttosto paradossalmente, "questo enorme sforzo sperimentale ha confermato la relatività generale di Einstein, di solito accettata per altri motivi nelle fasi precedenti della sua crescita". (Bertotti, 1979, pag. 74).

Per quanto paradossale, la storia non è priva di una sua morale: è a causa della competizione di diversi programmi che gli scienziati non danno per scontati i test "classici" (ad esempio il perielio di Mercurio) di un particolare punto di vista (ad esempio la relatività generale); invece essi sono costretti a escogitare vari esperimenti e una nuova arena per il confronto delle proposte

alternative. Inoltre, è così che si può affrontare la *sfida omerica*: è un atteggiamento razionale restare attaccati a qualche "idea preconcepita", se, allo stesso tempo, si incoraggiano altri ricercatori a lavorare su qualche obiezione ad essa. È anche "scientificamente accettabile" sostenere alcune (presunte) anomalie alla luce di diversi principi esplicativi per sviluppare un punto di vista alternativo, se, contemporaneamente, si è pronti a stimolare la difesa del nucleo messo in discussione. Naturalmente questo è un appello per una "tolleranza concorrenziale". Secondo lo slogan di Kip Thorne (Clatech): "lunedì, mercoledì e venerdì crediamo nella relatività generale, mentre martedì, giovedì e sabato crediamo alla teoria di Brans Diecke. La domenica andiamo al mare" (Citato in Will, 1986, capitolo 8).

La nostra analisi suggerisce perciò che nella scienza programmi di ricerca diversi che lottano per la supremazia nella stessa arena definiscono un *framework* per i test sperimentali. Come ha osservato Poincaré (1902, capitolo 10), la scienza è certamente cumulativa a livello fenomenologico, ma per quanto riguarda la più alta spiegazione teorica si producono forti differenze. La solita immagine, secondo la quale "paradigmi" diversi sono mondi del tutto incomparabili (ciascuno di essi comprende i propri "fatti") non tiene conto del fatto che spesso i programmi partono dallo stesso insieme di "fatti" e "si biforcano" quando specificano i propri impegni metafisici (in conformità con il parere di Whewell della sezione 1).

Inoltre, l'accordo su alcuni fatti (presunti) non implica un accordo totale: secondo l'analisi di Duhem, scienziati che lavorano nel contesto dello stesso sistema di riferimento fanno scelte diverse. Quindi, un sistema di riferimento è solo una famiglia di programmi di ricerca rivali, e ricercatori che lavorano nel contesto dello stesso sistema di riferimento possono essere in disaccordo sul potere euristico di tali programmi. Di fatto, non solo possono essere in disaccordo *ma* devono anche esserlo: è questa la condizione popperiana della *crescita attraverso la critica*. Inoltre, secondo noi, sta proprio qui la principale eredità di sir Karl (spogliata di molta della sua retorica sulla falsificazione): scienziati, ricercatori e filosofi, dovrebbero essere preoccupati quando vi è scarso dibattito, non quando il dibattito è particolarmente intenso. Dopotutto, un poeta tanto caro a Popper come Novalis, scrisse che la scienza come traguardo definitivo è un mito, esattamente "come la pietra filosofale", però la buona filosofia (e la buona scienza) è come "il sistema copernicano: toglie i punti fissi e trasforma tranquillamente tutto in qualcosa che fluttua".

Dipartimento di filosofia
Università di Milano
(g.giorello@tiscali.it)

Dipartimento di scienze cognitive
Università di Trento
(matteo.motterlini@unitn.it)

TESTI DI RIFERIMENTO

- Ariew, R., 1987, "The Phases of Venus Before 1610", *Studies in History and Philosophy of Science*, 18, pag. 81-92.
- Bertotti, B., 1989, "La teoria della relatività generale a confronto con l'esperienza", in *L'opera di Einstein*, U. Curi (editore), 1989, Ferrara.
- Brans, C., Dicke, R. H., 1961, "Mach's principle and relativistic theory of gravitation", *Physical Review*, 124, pag. 925-935.
- Dicke, R. H., 1962, "Mach's principle and equivalence", in *Evidence for Gravitational Theories*, Proceedings International School of Physics E. Fermi, XX Course, New York.
- Drake, S., 1978, *Galileo at Work. His Scientific Biography*, Chicago e Londra.
- Duhem, P., 1906, *La théorie physique. Son objet et sa structure*, Parigi; traduzione in inglese di P. Wiener, 1954, *The Aim and Structure of Physical Theories*, Princeton.
- Einstein, A., 1905, "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", in *Annalen der Physik*, Ser. 4, 17, pag. 891-921.
- Einstein, A., 1916, "Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie", Leipzig.
- Feyerabend, P. K., 1975, *Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, Londra.
- Galileo Galilei, 1938, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, citato da *Le Opere di Galileo Galilei*, a cura di G. Favero, "National edition", Firenze, 1890-1909, Vol. VIII.
- Galileo Galilei, 1610, *Sidereus Nuncius*, in *Le Opere di Galileo Galilei*, in ibidem, Vol. III.
- Galileo Galilei, 1623, *Il Saggiatore*, in ibidem. Vol. VI.
- Galileo Galilei, 1632, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, in ibidem, Vol. VII.
- Galison, P., 1989, *How Experiments End*, Chicago.
- Gillies, D., 1993, *Philosophy of Science in the Twentieth Century. Four Central Themes*, Oxford.
- Giusti, E., 1980, *Bonaventura Cavalieri and the Theory of Indivisibles*, Roma.
- Hawking, S.W., Israel, W (edizioni), 1979, *General Relativity. An Einstein Centenary Survey*, Cambridge.
- Kuhn, T., 1961, "The function of dogma in scientific research", ristampa A. C. Crombie (editore), *Scientific Change*, New York, 1963.
- Lakatos, I., 1970, "Falsificationism and the methodology of scientific research programmes", in I. Lakatos, A. Musgrave (edizioni), 1970, ristampa come capitolo 1 di Lakatos (1978a).
- Lakatos, I., 1978, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers*, vol. I, J. Worrall, G. Currie (edizioni), Cambridge.
- Lakatos, I., Musgrave, A. (edizioni), 1970, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge.
- Lakatos, I., Zahar, E., 1976, "Why Did Copernicus's Programme Supersede Ptolemy's?", in R. Westman (editore) *The Copernican Revolution*, pag. 354-383, Los Angeles; ristampa in Lakatos, 1978 come capitolo 4.
- Maiocchi, R., 1990, "Pierre Duhem's *The Aim and Structure of Physical Theory*: a Book against Conventionalism", *Synthese*, 83, pag. 385-400.
- Morpurgo-Tagliabue, G., 1981, *I processi di Galileo e l'epistemologia*, Roma.
- Motterlini, M. (editore), 1999, *For and Against Method. Including Lakatos's Lectures on Method and the Lakatos-Feyerabend Correspondence*, Chicago.
- Poincaré, H., 1902, *La science et l'hypothèse*, Parigi.
- Popper, K., 1934, 1959, *Logik der Forschung*, Vienna; traduzione inglese *The Logic of Scientific Discovery*, Londra, 1959.
- Popper, K., 1963, *Conjectures and Refutations*, Londra.

- Popper, K., 1982, *Quantum Theory and the Schism in Physics*, From the poscript to the Logic of Scientific Discovery, W. Bartley III (editore), Londra.
- Popper, K., 1983, *Realism and the Aim of Science*, From the Poscript to the Logic of Scientific Discovery, W. Bartley III (editore), Londra.
- Quine, W. V. O., 1951, "Two dogmas of empiricism", *Philosophical Review*; ristampa nel suo *From a Logical Point of View*, Cambridge, Mass, 1953, seconda edizione 1961.
- Regge, T., 1995, *L'infinito*, Milano
- Stillwell, J., 1989, *Mathematics and Its History*, New York.
- Sparzani, A., 2003, *Relatività quante storie. Un percorso scientifico e letterario tra relativo e assoluto*, Torino.
- Vuillemin, J., 1979, "On Duhem's and Quine's Theses", *Grazer Philosophische Studien*, 9, pag. 69-96. Ristampato in L. E. Hahn e P. A. Schilpp (editore) *The Philosophy of W. V. Quine in Library of Living Philosophers*, La Salle, Illinois, 1986, capitolo 22.
- Watkins, J., 1958, "Confirmable and Influential Metaphysics", *Mind*, 267.
- Whewell, William, 1840, *The Philosophy of the Inductive Sciences*, in *The Historical and Philosophical Works of William Whewell*, A cura di G. Buchdahal e L. Laudan, Vol. VI, Parte Due, Londra e Edimburgo, 1967.
- Will, C., 1979, "The confrontation between gravitation theory and experiment", in S. W. Hawking, W. Israel (editore), 1979
- Will, C., 1986, *Was Einstein Right?*, New York
- Zahar, E., 1989, *Einstein's Revolution. A Study in Heuristic*, La Salle, Illinois.

Matteo Motterlini, (Milano 1967) Professore associato in filosofia della scienza al Dipartimento di Scienze della Cognizione e della formazione dell'Università di Trento e Visiting Associate Professor of Social and Decision Science, Carnegie Mellon University, USA. Dottore di ricerca in Filosofia della Scienza, ha conseguito il Master of Science in Logica e Metodo Scientifico e il Diploma in Economia alla London School of Economics, dove è Visiting Research Associate presso il Centre for the Philosophy of Natural and Social Sciences.

Giulio Giorello è nato a Milano nel 1945 e si è laureato in Filosofia nel 1968 e in Matematica nel 1971. Ha insegnato in facoltà di Ingegneria (Pavia), Lettere e filosofia (Milano), Scienze (Catania). Attualmente è titolare della cattedra di Filosofia della Scienza all'Università degli Studi di Milano. Dalle prime ricerche in filosofia e storia della matematica i suoi interessi si sono ampliati verso le tematiche del cambiamento scientifico e delle relazioni tra scienza, etica e politica. Collabora con il *Corriere della Sera*.

Traduzione di Ugo Morelli e Sabrina Taddei.

