CAPITOLO

11

Popper e l'epistemologia del Novecento

«Controllare se questa conseguenza sia esatta o no è un compito della massima importanza.»
— Albert Einstein, Relatività: esposizione divulgativa (1917), § 22, sulla deviazione della luce vicino al Sole (traduzione della redazione)

OBIETTIVI

1. Formulare il problema della demarcazione e spiegare perché il criterio di verificazione non vale per le leggi universali
2. Spiegare la falsificabilità e l'asimmetria tra verificazione e falsificazione, distinguendo *modus tollens* e affermazione del conseguente
3. Ricostruire il metodo per congetture e confutazioni, la corroborazione e la critica delle ipotesi *ad hoc*, dello storicismo e della società chiusa
4. Esporre la teoria di Kuhn: paradigma, scienza normale, anomalia, crisi, rivoluzione e incommensurabilità
5. Spiegare i programmi di ricerca di Lakatos e l'anarchismo metodologico di Feyerabend, applicandoli a casi storici
6. Discutere il rapporto tra scienza, consenso e democrazia alla luce della Costituzione

INDICE DEL CAPITOLO

11.1 Popper: il problema della demarcazione 3
11.2 Congetture e confutazioni 8
11.3 Kuhn: paradigmi e rivoluzioni 13
11.4 Lakatos e Feyerabend 17
11.5 Scienza, tecnica e società 20
11.6 Leggere i testi 22

Filosofia 5 · Parte III · Logica, linguaggio e scienza nel Novecento · versione 1.0
Capitolo 11: Popper e l'epistemologia del Novecento · pagine 331–362 del volume completo · estratto per lo studio

Apri un giornale alla pagina dell'oroscopo: «questa settimana un incontro inatteso potrebbe cambiare i tuoi piani». Qualunque cosa accada, la frase avrà avuto ragione: se incontri qualcuno, l'incontro c'è stato; se non incontri nessuno, «potrebbe» non era una promessa. Ora apri un manuale di fisica: «un raggio di luce che passa rasente al Sole devia di 1,75 secondi d'arco». Questa frase può avere torto. Basta fotografare le stelle durante un'eclissi totale e misurare: se la deviazione è zero, o la metà, la teoria è in difficoltà. Che cosa distingue le due frasi? Perché la seconda è scienza e la prima no, anche se la prima non è mai smentita?

A questa domanda il Novecento ha dato risposte diverse e spesso in conflitto. In questo capitolo seguiamo le principali: quella di Karl Popper, per cui una teoria è scientifica se può essere confutata dall'esperienza; quella di Thomas Kuhn, che guardando alla storia della scienza scopre lunghi periodi in cui gli scienziati non cercano affatto di confutare le loro teorie; quella di Imre Lakatos, che prova a conciliare i due; e quella di Paul Feyerabend, che sostiene, per provocazione, che nessun metodo vale sempre. Alla fine ci chiederemo che cosa ne segue per il rapporto tra scienza e società, oggi.

Contesto

Nella Vienna uscita sconfitta dalla prima guerra mondiale si discute appassionatamente di scienza e di politica: la relatività di Einstein, appena confermata dall'eclissi del 1919, il marxismo dei partiti operai, la psicoanalisi di Freud e di Adler. Tra il 1924 e il 1936 un gruppo di filosofi e scienziati raccolti intorno a Moritz Schlick, il Circolo di Vienna, cerca un criterio per separare le proposizioni dotate di senso dalla metafisica. Il giovane Popper discute con loro senza farne parte, e nel 1934 pubblica una risposta alternativa. Poi il nazismo disperde il Circolo e Popper stesso emigra: il dibattito sulla scienza si sposta nel mondo di lingua inglese, a Londra e nelle università americane. Negli anni Sessanta un fisico diventato storico, Kuhn, vi introduce la storia della scienza, e la discussione si accende fino a metà degli anni Settanta (Figura 11.1).

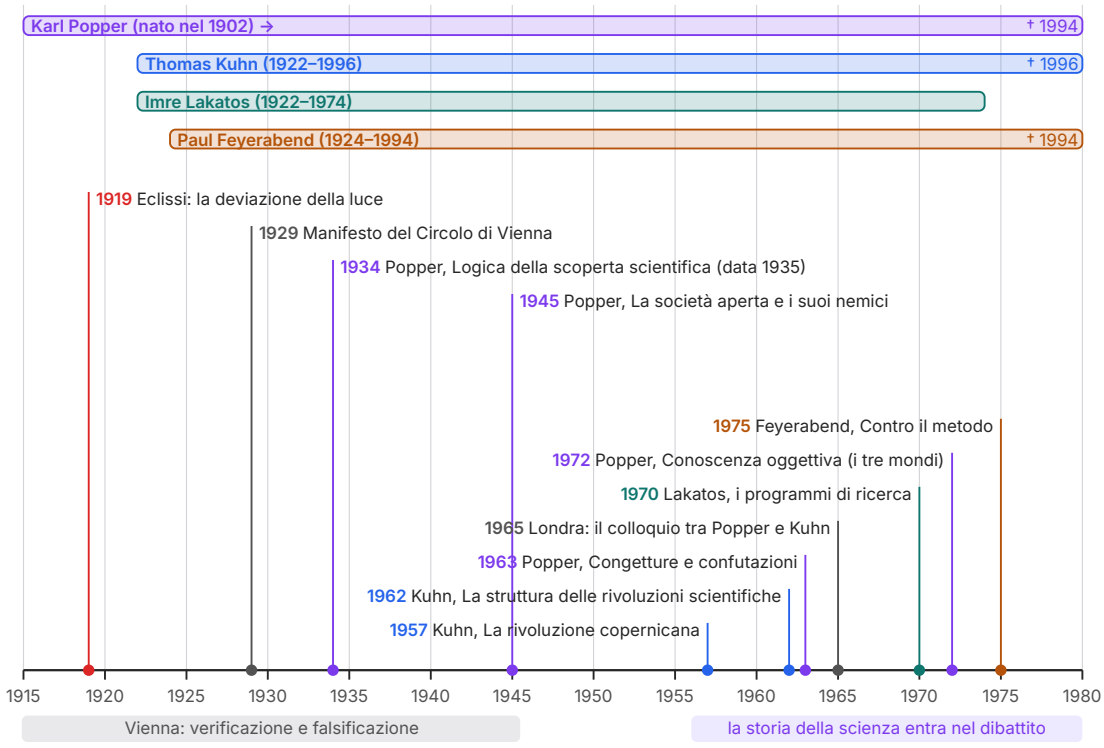

Figura 11.1 Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend tra il 1919 e il 1975: le opere e gli eventi citati nel capitolo. Le barre in alto indicano la vita dei quattro filosofi; quella di Popper comincia prima dell'asse (1902). Le due fasi in basso hanno limiti convenzionali.

11.1 Popper: il problema della demarcazione

11.1.1 Un viennese fuori dal Circolo

Karl Raimund Popper (1902–1994) nacque a Vienna in una famiglia della borghesia colta, di origine ebraica e convertita al protestantesimo; il padre era avvocato e aveva una grande biblioteca. Da ragazzo si avvicinò per qualche mese al movimento comunista, poi se ne allontanò. Fece esperienze molto diverse: lavorò negli ambulatori per l'infanzia fondati dallo psicologo Alfred Adler, fece l'apprendistato da ebanista, studiò all'Università di Vienna matematica, fisica e psicologia, e insegnò nelle scuole secondarie. Si laureò nel 1928 con una tesi di psicologia del pensiero.

Attraverso amici comuni conobbe i membri del Circolo di Vienna, che discutevano del linguaggio della scienza (vedi anche il capitolo 10). Popper ne condivideva l'ammirazione per la fisica e la diffidenza per la metafisica oscura, ma non la tesi centrale, e non fu mai invitato alle

riunioni. La sua opera principale, la *Logica della scoperta scientifica* (*Logik der Forschung*), uscì nell'autunno del 1934 con la data 1935, e paradossalmente in una collana diretta da Schlick e da Philipp Frank, membri del Circolo. Nel 1937, prevedendo l'annessione dell'Austria alla Germania, Popper accettò un posto di docente al Canterbury University College di Christchurch, in Nuova Zelanda; lì scrisse le sue opere politiche. Dal 1946 al 1969 insegnò alla London School of Economics. Nel 1959 uscì la traduzione inglese ampliata della *Logica*, nel 1963 la raccolta *Congetture e confutazioni* (*Conjectures and Refutations*), nel 1972 *Conoscenza oggettiva* (*Objective Knowledge*). Morì a Londra nel 1994.

ERRORE FREQUENTE

Popper **non fece mai parte** del Circolo di Vienna e non fu un neopositivista. Ne fu, anzi, il critico più vicino: accettava il problema da cui partivano (che cosa distingue la scienza?), ma ne respingeva la soluzione (il criterio di verificazione) e la teoria del significato. Scrivere «il neopositivista Popper» è un errore; si può dire che la sua filosofia nasce *in dialogo* con il Circolo.

11.1.2 Due problemi: l'induzione e la demarcazione

Popper raccontò di essere partito da due problemi, che diedero il titolo a un grande manoscritto degli anni 1930–1933, pubblicato solo nel 1979: *I due problemi fondamentali della teoria della conoscenza*. Il primo è il **problema dell'induzione**, che hai incontrato con Hume nel volume precedente: nessun numero di osservazioni passate garantisce logicamente che il futuro somiglierà al passato, e ogni tentativo di giustificare l'induzione con l'esperienza gira in un circolo. Hume ne aveva concluso che le nostre attese si fondano sull'abitudine, non sulla ragione (T1).

Il secondo è il problema che Popper chiama della **demarcazione**: trovare un criterio che permetta di distinguere le teorie delle scienze empiriche dalle altre costruzioni del pensiero, cioè dalla logica e dalla matematica pura, dalla metafisica e dalle pseudoscienze, come l'astrologia. Il Circolo di Vienna aveva dato una risposta precisa: una proposizione ha senso solo se esiste un metodo per verificarla con l'esperienza; le proposizioni della metafisica, che nessuna esperienza può verificare, non sono false, ma prive di senso. Era il principio di verificazione, che per i viennesi era insieme un criterio di significato e un criterio di scientificità.

Popper osserva che i due problemi sono legati, e che il principio di verificazione cade proprio sul primo. Le leggi della natura sono proposizioni *universali*: «tutti i metalli si dilatano col calore», «ogni pianeta si muove su un'ellisse». Una proposizione universale riguarda infiniti casi, passati, presenti e futuri; nessuna serie finita di osservazioni può dunque verificarla. Se il criterio di verificazione fosse preso sul serio, condannerebbe come insensate proprio le leggi della fisica, cioè le proposizioni che dovrebbe salvare.

11.1.3 La falsificabilità

La soluzione di Popper parte da un'asimmetria logica. Nessun numero di cigni bianchi osservati dimostra che *tutti* i cigni sono bianchi; ma basta un solo cigno nero, debitamente osservato, per dimostrare che la proposizione «tutti i cigni sono bianchi» è falsa. Gli europei ne ebbero la prova quando, alla fine del Seicento, gli esploratori olandesi videro i cigni neri dell'Australia occidentale. Le proposizioni universali non si possono verificare, ma si possono *confutare*.

Ne segue il criterio. Una teoria appartiene alla scienza empirica se è **falsificabile**, cioè se è logicamente possibile che sia contraddetta da un'osservazione: se esiste almeno un risultato possibile dell'esperienza che, qualora si presentasse, la renderebbe falsa. Popper chiama **asserzioni base** le proposizioni singolari che descrivono questi risultati: «qui, il 3 marzo, c'è un cigno nero». Una teoria è falsificabile se esistono asserzioni base incompatibili con essa, che la teoria *vieta*. Per questo Popper può dire che ogni buona teoria scientifica è un divieto: la legge di gravitazione vieta che una mela, lasciata andare, salga verso il cielo; la legge di conservazione dell'energia vieta il moto perpetuo.

Al contrario, la frase «domani qui pioverà oppure non pioverà» non vieta nulla: è vera qualunque tempo faccia, e proprio per questo non dice nulla sul tempo di domani. Lo stesso vale per l'oroscopo dell'inizio. Popper ne trae una conseguenza che rovescia il senso comune: una teoria che non può essere smentita da nessun fatto non è per questo più solida, ma più povera. Più una teoria vieta, più è *controllabile* e più dice sul mondo; Popper chiama questa quantità il suo *contenuto empirico*. «Tutti i pianeti si muovono su ellissi» dice più di «tutti i pianeti si muovono su curve chiuse», perché vieta più orbite; ed è anche meno probabile. Ai suoi occhi la scienza non cerca teorie probabili, ma teorie audaci, ricche di contenuto e perciò esposte al rischio di essere confutate.

ESEMPIO SVOLTO

Perché un cigno nero pesa più di mille cigni bianchi. Chiamiamo T la teoria «tutti i cigni sono bianchi» e O una sua conseguenza osservabile: «il cigno che sto per osservare è bianco». Le due forme di ragionamento che si possono costruire sono messe a confronto nella Figura 11.2.

Modus tollens.
P1. Se T, allora O.
P2. Non O (il cigno è nero).
C. Dunque, non T.

Affermazione del conseguente.
P1. Se T, allora O.
P2. O (il cigno è bianco).
C. Dunque, T.

Per decidere quale forma è valida controlliamo con la tavola di verità del condizionale (Tabella 11.1) tutti i casi in cui le premesse sono vere. Le premesse del ***modus tollens*** sono vere insieme solo nell'ultima riga, dove T è falsa: la conclusione «non T» è sempre vera quando lo sono le premesse, quindi la forma è **valida**. Le premesse dell'**affermazione del conseguente** sono vere insieme nella prima e nella terza riga; nella terza T è falsa. Dunque premesse vere possono accompagnarsi a una conclusione falsa: la forma è **non valida**, è una fallacia.

Tabella 11.1 La tavola di verità del condizionale «se T, allora O» e le premesse delle due forme di ragionamento (V = vero, F = falso).

T	O	se T, allora O	premesse del *modus tollens* vere?	premesse dell'affermazione del conseguente vere?
V	V	V	no	sì
V	F	F	no	no
F	V	V	no	sì (ma T è falsa)
F	F	V	sì (e T è falsa)	no

Conclusione: una conferma non prova la teoria, perché ragionare dalla conferma alla teoria è affermare il conseguente; una smentita la confuta, perché il *modus tollens* è valido. È l'**asimmetria** su cui Popper costruisce il suo criterio.

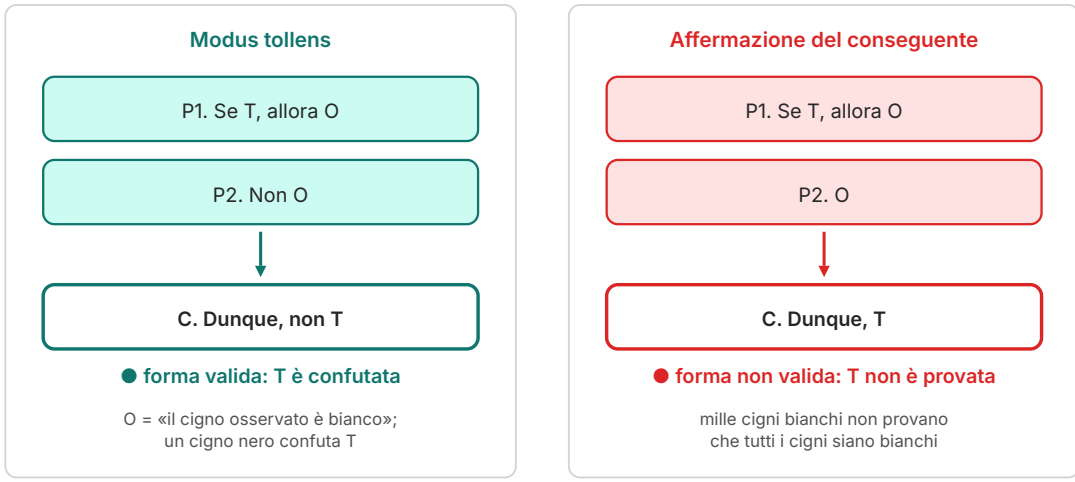

Figura 11.2 Le due forme di ragionamento a confronto. A sinistra il *modus tollens*, valido: se una conseguenza osservabile O della teoria T è falsa, anche T è falsa. A destra l'affermazione del conseguente, non valida: che O sia vera non prova che T sia vera.

11.1.4 Demarcazione, non significato

Il criterio di Popper somiglia a quello del Circolo rovesciato: al posto della verificazione la falsificazione. Ma la differenza è più profonda. Il criterio di verificazione voleva separare il sensato dall'insensato; il criterio di falsificabilità separa soltanto la scienza empirica da ciò che scienza empirica non è. Una teoria metafisica non falsificabile, per Popper, può avere un senso perfettamente chiaro, può essere discussa razionalmente e può perfino essere feconda per la scienza. L'atomismo di Democrito, che nessun esperimento antico poteva controllare, ha guidato per secoli la ricerca prima di diventare, nell'Ottocento e nel Novecento, una teoria fisica controllabile.

ERRORE FREQUENTE

La falsificabilità è un criterio di **demarcazione**, non di **significato**: non dice che le proposizioni non falsificabili sono prive di senso, ma che non appartengono alla scienza empirica. Due altri errori da evitare. «Falsificabile» non vuol dire «falsificata» né «falsa»: la legge di gravitazione è falsificabile perché vieta molti eventi, ma finora questi eventi non sono accaduti. E una teoria falsificata non diventa per questo non scientifica: è una teoria scientifica che si è rivelata falsa, il che per Popper è un progresso.

11.2 Congetture e confutazioni

11.2.1 Il metodo per prova ed errore

Se l'induzione non giustifica le teorie, da dove vengono e come si controllano? Popper risponde separando due questioni. L'origine di un'idea nuova (un sogno, un'analogia, un'intuizione improvvisa) interessa la psicologia, non la logica: non esiste un metodo logico per avere idee nuove. Ciò che conta è il controllo, che avviene sempre allo stesso modo (Figura 11.3). Si parte da un *problema*, cioè da un'aspettativa delusa o da un contrasto tra teorie. Si propone una soluzione provvisoria, una **congettura**: un'ipotesi audace, inventata dalla mente e non ricavata dai dati. Dalla congettura, insieme ad altre premesse, si deducono conseguenze osservabili, preferibilmente nuove e sorprendenti; poi si cerca con ogni mezzo di mostrare che sono false.

Se una conseguenza risulta falsa, la teoria è confutata per *modus tollens*, e il problema si ripresenta arricchito: sappiamo che cosa non funziona. Se invece la teoria supera il controllo, non è dimostrata vera, ma **corroborata**. Popper sceglie questa parola (in tedesco *Bewährung*, il «dar buona prova di sé») proprio per evitare «verificata» e «confermata»: la corroborazione è un resoconto dei controlli severi che la teoria ha superato finora, non una garanzia per il futuro. Anche la teoria più corroborata resta una congettura. La conoscenza scientifica cresce così: non accumulando certezze, ma eliminando errori.

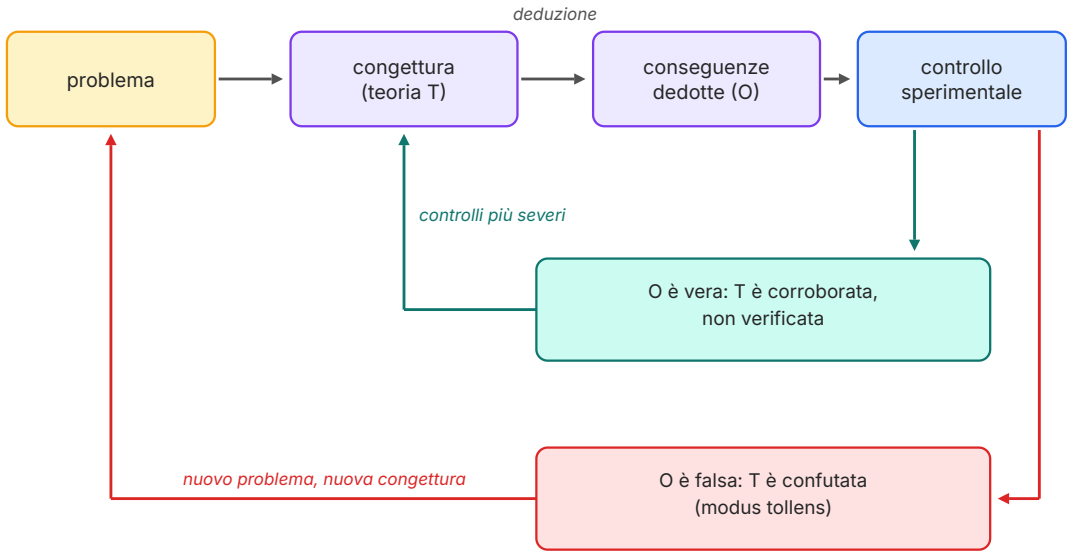

Figura 11.3 Il metodo ipotetico-deduttivo come lo descrive Popper. Dal problema nasce una congettura; dalla congettura si deducono conseguenze controllabili. Un controllo negativo confuta la teoria e apre un nuovo problema; un controllo positivo la corrobora e invita a controlli più severi.

Questa immagine della scienza ha anche un lato morale, che a Popper stava molto a cuore. Lo scienziato non deve proteggere la propria teoria, ma esporla alla critica, anche alla propria. L'errore non è una vergogna da nascondere, ma il materiale con cui la conoscenza avanza. E nessuna autorità, né un grande scienziato né un libro, sottrae una teoria al controllo. In *Conoscenza oggettiva* Popper contrappone due immagini della mente: la «mente secchio», che si riempie passivamente di osservazioni, e la «mente riflettore», che illumina il mondo con domande e ipotesi. La scienza, per lui, funziona come un riflettore: l'osservazione è sempre guidata da un problema e da un'aspettativa.

11.2.2 1919: Einstein, Marx, Freud e Adler

In *Congetture e confutazioni* (cap. 1) Popper racconta come arrivò al suo criterio. Nella Vienna del 1919, a diciassette anni, era affascinato da quattro teorie: la relatività di Einstein, la teoria marxista della storia, la psicoanalisi di Freud e la «psicologia individuale» di Adler. Cominciò però ad avvertire una differenza. I sostenitori delle ultime tre vedevano conferme dappertutto: un marxista trovava in ogni notizia di giornale una prova della lotta di classe; un freudiano o un adleriano sapevano interpretare qualunque comportamento umano. Proprio questa forza esplicativa, che gli ammiratori ritenevano il loro pregio maggiore, insospettì Popper.

La relatività generale si trovava in una situazione opposta. Einstein aveva calcolato che la luce di una stella, passando rasente al Sole, doveva deviare di circa 1,7 secondi d'arco, il doppio di quanto si poteva ricavare dalla sola gravitazione newtoniana; e aveva indicato come controllarlo, fotografando il cielo durante un'eclissi totale (T2). Il 29 maggio 1919 due spedizioni britanniche, organizzate da Arthur Eddington e Frank Dyson, fotografarono l'eclissi a Sobral, in Brasile, e sull'isola di Príncipe, nel golfo di Guinea. Il 6 novembre 1919, a Londra, fu annunciato che le misure davano ragione a Einstein (Figura 11.4). Ciò che colpì Popper non fu il successo, ma il rischio: se le lastre avessero mostrato una deviazione nulla, o newtoniana, la teoria sarebbe stata confutata. La previsione vietava qualcosa che poteva accadere.

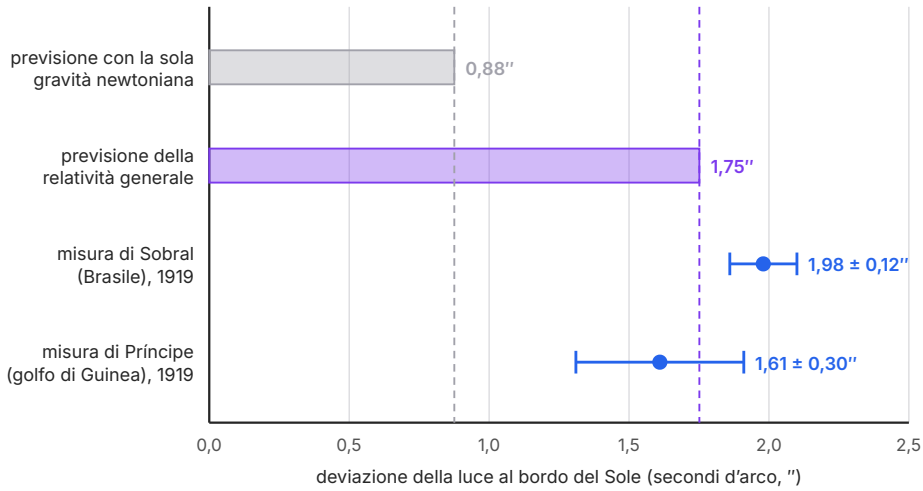

Figura 11.4 La deviazione della luce di una stella al bordo del Sole: le due previsioni e le misure dell'eclissi del 29 maggio 1919. La previsione della relatività generale è $\delta = 4GM/(c^2R) \approx 1{,}75''$; quella ricavata dalla sola gravità newtoniana è la metà. Le misure sono riportate con gli errori pubblicati nel 1920.

COLLEGAMENTI

Fisica. La deviazione prevista dalla relatività generale per un raggio che sfiora il Sole è $\delta = 4GM/(c^2R)$, con $G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg², massa del Sole $M = 1{,}989 \cdot 10^{30}$ kg, $c = 2{,}998 \cdot 10^{8}$ m/s e raggio del Sole $R = 6{,}957 \cdot 10^{8}$ m. Si ottiene $\delta \approx 8{,}49 \cdot 10^{-6}$ rad; poiché un radiante vale circa 206 265 secondi d'arco, $\delta \approx 1{,}75''$. Trattando la luce come un proiettile attratto dal Sole secondo Newton si ottiene la metà, circa 0,88″. Un secondo d'arco è l'angolo sotto cui si vede una moneta da un euro (23 mm) a circa 4,7 km: le spedizioni del 1919 dovevano misurare spostamenti di stelle di questo ordine sulle lastre fotografiche, e la precisione dei risultati fu discussa a lungo dagli astronomi. Il fenomeno è stato poi misurato molte volte, anche con le onde radio, con precisione molto maggiore.

Il confronto con le altre tre teorie diventa allora istruttivo. Per la psicoanalisi Popper propone un esempio: un uomo spinge in acqua un bambino per annegarlo; un altro sacrifica la vita per salvarlo. Un freudiano spiegherà il primo con una pulsione rimossa, il secondo con la sublimazione della stessa pulsione; un adleriano spiegherà il primo con il bisogno di dimostrare a se stesso di osare un delitto, il secondo con il bisogno di dimostrare di osare un salvataggio. Non c'è comportamento che le due teorie non sappiano spiegare. Popper racconta anche di aver sottoposto ad Adler, nel 1919, un caso che non gli sembrava adleriano, e di averlo sentito interpretare senza esitazione con la teoria del sentimento di inferiorità, benché Adler non avesse mai visto il bambino. Quando gli chiese come potesse esserne così sicuro, Adler invocò la sua esperienza «mille volte» ripetuta; e Popper non si trattenne dal rispondere che, con quel caso, era diventata «mille e una». Il nuovo caso, cioè, non aggiungeva una prova: era soltanto un'altra interpretazione alla luce della teoria.

Il marxismo, invece, aveva fatto previsioni controllabili: per esempio che la rivoluzione sarebbe scoppiata nei paesi capitalistici più industrializzati, dove la classe operaia era più numerosa. Queste previsioni, secondo Popper, si rivelarono false. I seguaci di Marx non abbandonarono la teoria, ma la reinterpretarono di volta in volta, insieme ai fatti, per metterla d'accordo con l'esperienza. Così la salvarono dalla confutazione, ma al prezzo di renderla inconfutabile. Popper chiama questa mossa uno «stratagemma convenzionalista». La forma più comune è l'**ipotesi *ad hoc***: un'ipotesi aggiunta al solo scopo di salvare una teoria da una confutazione, che non ha altre conseguenze controllabili e quindi riduce il contenuto della teoria invece di aumentarlo. Popper ne trae una regola di metodo: chi vuole fare scienza deve dire in anticipo quali osservazioni lo costringerebbero ad abbandonare la sua teoria.

APPROFONDIMENTO

Psicoanalisi e marxismo sono pseudoscienze? Il verdetto di Popper è stato molto discusso. Molti psicoanalisti hanno risposto che la loro teoria non pretende di essere una scienza sperimentale come la fisica, ma un metodo per interpretare la vita psichica di un singolo paziente, il cui successo si misura nella cura; Freud stesso considerava invece la psicoanalisi una scienza della natura, che le osservazioni cliniche dovevano confermare o correggere (vedi anche il capitolo 8). Il filosofo Adolf Grünbaum, in un libro del 1984, ha sostenuto al contrario di Popper che diverse tesi di Freud sono falsificabili, e che alcune sono anzi state falsificate: il problema, secondo lui, non è l'inconfutabilità, ma la debolezza delle prove cliniche.

Sul marxismo, molti interpreti osservano che Popper semplifica: non tutti i marxisti trattavano la teoria come una profezia, e lo stesso Popper ammetteva che la teoria originaria di Marx aveva un contenuto empirico. Kuhn e Lakatos, infine, hanno notato che anche i fisici difendono le loro teorie con ipotesi ausiliarie quando un'osservazione le contraddice, e che a volte fanno bene. Il dibattito, oggi, non riguarda tanto se queste teorie siano «scienza» o no, quanto quali loro parti siano controllabili e quanto bene siano state controllate.

11.2.3 La critica dello storicismo e la società aperta

La filosofia della scienza di Popper ha un seguito politico. Negli stessi anni della guerra, in Nuova Zelanda, scrisse *Miseria dello storicismo* (*The Poverty of Historicism*, articoli del 1944–1945, libro nel 1957) e *La società aperta e i suoi nemici* (*The Open Society and Its Enemies*, 1945). Popper chiama **storicismo** la dottrina secondo cui la storia segue leggi, come quelle dell'astronomia, che permettono di prevederne lo sviluppo a lungo termine e di indicare la direzione verso cui l'umanità sta andando. (Il termine ha qui un senso diverso da quello che ha nella tradizione tedesca e in Croce, dove indica piuttosto l'attenzione al carattere storico di ogni realtà umana.)

Contro lo storicismo Popper costruisce un argomento in cinque passi, esposto nella prefazione al libro del 1957. Primo: ciò che gli uomini sanno pesa molto su ciò che accade nella storia. Secondo: nessun metodo razionale permette di anticipare le scoperte scientifiche future, perché prevedere oggi ciò che sapremo domani vorrebbe dire saperlo già. Terzo: non si può dunque prevedere come andrà la storia. Quarto: è impossibile una scienza teorica della storia, una sorta di fisica della società capace di predire il futuro. Quinto: lo storicismo, che persegue proprio questo, si propone uno scopo impossibile. L'argomento non nega che si possano fare previsioni sociali limitate e condizionate («se aumentano i prezzi del grano, aumenterà la fame»): nega le profezie sul destino della storia.

La società aperta attacca tre filosofi in cui Popper vede le radici del totalitarismo: Platone, Hegel e Marx. L'espressione «società aperta» viene da Bergson (vedi anche il capitolo 7), ma Popper le dà un senso suo: la **società aperta** è la società in cui gli individui prendono decisioni personali e possono criticare le istituzioni, opposta alla società «chiusa», tribale, governata da tabù e da una dottrina indiscutibile. La domanda politica fondamentale, per Popper, non è «chi deve governare?», a cui Platone rispondeva «i migliori», ma «come possiamo liberarci dei cattivi governanti senza spargimento di sangue?». La democrazia è appunto l'insieme delle istituzioni che lo consentono. Al progetto utopico di rifare la società da cima a fondo Popper oppone l'ingegneria sociale «a spizzico» (*piecemeal*): riforme limitate, i cui effetti si controllano e si correggono, come si fa con le congetture.

DA RICORDARE

Per **Popper** l'induzione non giustifica nessuna legge universale, ma un solo controllo negativo può confutarla (*modus tollens*). Una teoria è scientifica se è **falsificabile**: se vieta qualche osservazione possibile. La falsificabilità è un criterio di demarcazione, non di significato. La scienza procede per **congetture e confutazioni**: le teorie che superano controlli severi sono **corroborate**, mai verificate. Le ipotesi *ad hoc* salvano una teoria al prezzo del suo contenuto. Lo stesso spirito critico guida la sua politica: contro le profezie dello storicismo, la **società aperta**.

11.2.4 I tre mondi

Negli ultimi decenni Popper riformulò la sua teoria della conoscenza distinguendo tre «mondi». Il *mondo 1* è quello degli oggetti e degli stati fisici; il *mondo 2* quello degli stati mentali, delle esperienze e dei pensieri di ciascuno; il **mondo 3** quello dei contenuti oggettivi del pensiero: teorie, problemi, argomenti, opere, che una volta prodotti esistono indipendentemente da chi li ha pensati e hanno proprietà che nessuno aveva previsto. La successione dei numeri naturali, per esempio, è un'invenzione umana; ma che i numeri primi siano infiniti è una sua proprietà che abbiamo scoperto, non deciso. La conoscenza scientifica, per Popper, appartiene al mondo 3: è un insieme di teorie criticabili, non lo stato d'animo di chi ci crede.

11.3 Kuhn: paradigmi e rivoluzioni

11.3.1 Un fisico che legge la storia

Thomas Samuel Kuhn (1922–1996) nacque a Cincinnati e si laureò in fisica a Harvard, dove nel 1949 conseguì il dottorato. Il passaggio alla storia della scienza avvenne, secondo il suo racconto, leggendo la *Fisica* di Aristotele: giudicata con i criteri di Newton, gli sembrava piena di errori grossolani; finché capì che Aristotele usava parole come «moto» e «materia» in un altro senso, e che nel suo sistema le tesi apparentemente assurde diventavano coerenti. La lezione era che per capire una scienza del passato bisogna entrare nel suo modo di vedere, invece di misurarla con il nostro. Kuhn insegnò poi a Harvard, a Berkeley, a Princeton e al Massachusetts Institute of Technology.

Nel 1957 pubblicò *La rivoluzione copernicana*; nel 1962 *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (*The Structure of Scientific Revolutions*), uno dei libri di filosofia più letti del Novecento. Uscì, curiosamente, nella collana della *International Encyclopedia of Unified Science*, fondata da Otto Neurath, con Rudolf Carnap e Charles Morris, per diffondere le idee del Circolo di Vienna, che il libro avrebbe contribuito a mettere in crisi. Nel 1970 la seconda edizione aggiunse un lungo *Poscritto*, datato 1969, in cui Kuhn rispondeva ai critici.

11.3.2 Paradigma e scienza normale

Kuhn parte da un'osservazione storica. Nella maggior parte del loro lavoro gli scienziati non cercano affatto di confutare le teorie fondamentali della loro disciplina: le danno per acquisite e le usano. Questo lavoro ordinario si svolge entro un **paradigma**. Nella *Struttura* la parola indica anzitutto alcune conquiste scientifiche riconosciute da una comunità, che per un certo tempo forniscono i problemi e le soluzioni modello a chi pratica quella ricerca: Kuhn cita la *Fisica* di Aristotele, l'*Almagesto* di Tolomeo, i *Principia* di Newton, la chimica di Lavoisier. Un paradigma comprende leggi, strumenti, metodi, esempi di problemi risolti, e anche convinzioni su

che cosa sia un buon problema e una buona soluzione; lo si impara sui manuali e nei laboratori, come un mestiere.

La ricerca guidata da un paradigma è la **scienza normale**. Il suo compito non è scoprire novità radicali, ma articolare il paradigma: misurare con più precisione le costanti che esso indica come importanti, estenderlo a fenomeni nuovi, risolvere le difficoltà di calcolo. Kuhn la paragona alla soluzione di un rompicapo (*puzzle-solving*), come un cruciverba o un gioco di pazienza: si sa che una soluzione esiste, e le regole dicono come cercarla. Se il rompicapo non si risolve, la colpa è attribuita all'abilità del ricercatore, non al paradigma. Prima che un paradigma si affermi c'è invece un *periodo pre-paradigmatico*, in cui scuole diverse si contendono il campo partendo da principi diversi: così era, secondo Kuhn, la ricerca sull'elettricità prima di Franklin, a metà del Settecento.

11.3.3 Anomalie, crisi, rivoluzioni

La scienza normale, però, produce essa stessa le condizioni della propria fine. Quanto più il paradigma è preciso, tanto più chiaramente si vede quando qualcosa non torna. Un'**anomalia** è un fenomeno che, contro le attese, non si lascia ricondurre al paradigma. Di solito le anomalie vengono messe da parte o assorbite con qualche aggiustamento. Kuhn studia per esempio la scoperta dell'ossigeno: Joseph Priestley nel 1774 isolò il gas, ma lo interpretò con la vecchia teoria del flogisto; fu Lavoisier a vedervi un elemento e a costruire su di esso una nuova chimica.

Quando le anomalie si accumulano e resistono agli sforzi migliori, la disciplina entra in *crisi*: le versioni del paradigma si moltiplicano, gli scienziati cominciano a discutere dei fondamenti, si torna a fare filosofia. Così accadde all'astronomia tolemaica prima di Copernico, carica di epicicli e di correzioni, come hai visto nel volume precedente. La crisi si risolve con una **rivoluzione scientifica**, che per Kuhn è la sostituzione, non cumulativa, di un paradigma con un altro incompatibile (Figura 11.5). Kuhn usa apposta la parola politica: come una rivoluzione politica cambia le istituzioni con mezzi che quelle istituzioni non prevedono, così una rivoluzione scientifica non si decide con le regole della scienza normale, che dipendono proprio dal paradigma in discussione.

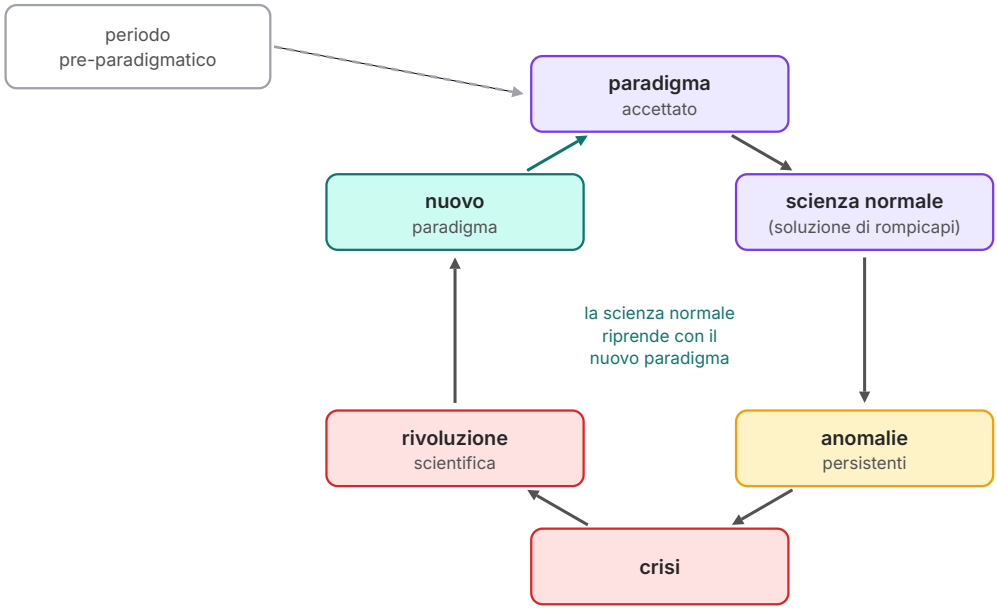

Figura 11.5 Il ciclo della scienza secondo la *Struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Dopo un periodo pre-paradigmatico, un paradigma accettato guida la scienza normale; le anomalie persistenti portano alla crisi e alla rivoluzione, che instaura un nuovo paradigma e una nuova scienza normale.

Per descrivere il cambiamento Kuhn ricorre alla psicologia della percezione. Ci sono figure ambigue, come il disegno che si può vedere ora come un'anatra ora come un coniglio: le linee sono le stesse, ma l'oggetto visto cambia di colpo. Dopo una rivoluzione, dice Kuhn, gli scienziati lavorano in un mondo diverso: dove Priestley vedeva «aria deflogisticata», Lavoisier vedeva ossigeno. Per questo il passaggio a un nuovo paradigma somiglia più a una conversione che a una dimostrazione: avviene per argomenti, ma anche per persuasione, e non tutti si convertono. Kuhn ricorda un'osservazione di Max Planck, nella sua autobiografia scientifica: una nuova verità scientifica non si impone perché convince gli avversari, ma perché questi a poco a poco muoiono, e cresce una generazione che la conosce fin dall'inizio.

11.3.4 L'incommensurabilità

La tesi più discussa della *Struttura* è che due paradigmi successivi sono **incommensurabili**: non hanno una misura comune. Non esiste un linguaggio neutro di osservazione in cui tradurre entrambi e una serie di criteri condivisi con cui confrontarli punto per punto. Paradigmi diversi riconoscono problemi diversi, giudicano le soluzioni con criteri diversi e usano gli stessi termini in sensi diversi. Kuhn porta l'esempio della massa: nella meccanica di Newton è una grandezza che si conserva; nella relatività di Einstein è convertibile in energia. Quando si dice

che la meccanica newtoniana è un «caso limite» di quella einsteiniana, osserva Kuhn, si dimentica che le parole hanno cambiato significato.

Da qui una conseguenza sul progresso. Per Kuhn la scienza progredisce, ma non nel senso che si avvicina sempre più a una verità definitiva sulla natura. Progredisce come l'evoluzione di Darwin, che non ha un fine prestabilito: allontanandosi da uno stato precedente e diventando sempre più capace di risolvere problemi, in modo sempre più preciso.

ERRORE FREQUENTE

«Incommensurabile» non significa «tutte le teorie valgono lo stesso». Kuhn sostiene che la scelta tra paradigmi non si decide con un algoritmo, non che sia arbitraria: precisione, coerenza, ampiezza, semplicità e fecondità restano buone ragioni, anche se scienziati diversi le pesano in modo diverso. Lo slogan «tutto va bene» (*anything goes*) non è di Kuhn, ma di Feyerabend, e anche lui lo usò come provocazione.

Anche «cambiamento di paradigma» (*paradigm shift*) è diventato un modo di dire per qualunque grande novità, nelle aziende come nella moda. Nel senso di Kuhn indica solo la sostituzione di un paradigma scientifico, che una comunità di ricerca ha riconosciuto, con un altro, incompatibile.

11.3.5 Il confronto con Popper

Nel luglio 1965, a un convegno internazionale di filosofia della scienza a Londra, Kuhn e Popper si confrontarono pubblicamente; gli atti uscirono nel 1970 a cura di Lakatos e Alan Musgrave, con il titolo *Critica e crescita della conoscenza*. Per Kuhn, Popper descrive bene i momenti eccezionali della scienza, le rivoluzioni, ma ignora la scienza normale, che ne occupa la maggior parte: uno scienziato che mettesse in discussione i fondamenti a ogni esperimento fallito non concluderebbe nulla. Popper rispose che la scienza normale esiste, ma è un pericolo per la scienza: lo scienziato «normale», addestrato a non discutere, gli sembrava da compiangere; e la tesi dell'incommensurabilità gli pareva un «mito della cornice», l'idea falsa che non si possa discutere razionalmente se non con chi condivide i nostri presupposti.

Molti critici accusarono Kuhn di irrazionalismo: se la scelta tra paradigmi è una conversione, la scienza sembra cambiare per ragioni sociali e psicologiche, non per ragioni. Kuhn negò sempre di aver voluto dire questo. Nel *Poscritto* del 1969 riconobbe anche che la parola «paradigma» era stata usata nel libro in sensi diversi (una lettrice, Margaret Masterman, ne aveva contati più di venti) e ne distinse due: la *matrice disciplinare*, cioè l'insieme di leggi, modelli, valori e strumenti condivisi da una comunità, e gli *esemplari*, le soluzioni concrete di problemi che gli studenti imparano a imitare.

DA RICORDARE

Per **Kuhn** la scienza non procede per continue confutazioni. Per lunghi periodi è **scienza normale**: soluzione di rompicapi entro un **paradigma** accettato da una comunità. Le **anomalie** che resistono portano a una **crisi** e a una **rivoluzione scientifica**, che sostituisce il paradigma con uno **incommensurabile**, non confrontabile punto per punto. La scelta tra paradigmi non segue un algoritmo, ma non è arbitraria. La storia della scienza diventa una fonte della filosofia della scienza.

COLLEGAMENTI

Storia e Scienze. Kuhn usa la parola «rivoluzione» in un senso preciso, ma la eredita da una lunga tradizione. Kant, nella prefazione del 1787 alla *Critica della ragion pura*, parlava di una rivoluzione nel modo di pensare e la paragonava all'ipotesi di Copernico, come hai studiato nel volume precedente; Lavoisier, nel 1789, l'anno della rivoluzione francese, pubblicò il *Trattato elementare di chimica*, che Kuhn considera un paradigma. In Scienze la chimica di Lavoisier è il punto di partenza della nomenclatura moderna: «ossigeno», «idrogeno», «ossido» sono parole del nuovo paradigma, che sostituirono «aria deflogisticata» e «calce».

11.4 Lakatos e Feyerabend

11.4.1 Lakatos: i programmi di ricerca

Imre Lakatos (1922–1974) nacque a Debrecen, in Ungheria, con il nome di Imre Lipsitz. La madre e la nonna morirono ad Auschwitz; lui sopravvisse con documenti falsi e cambiò nome. Comunista dopo la guerra, fu arrestato nel 1950 e passò tre anni in un campo di lavoro; dopo la rivolta ungherese del 1956 fuggì in Inghilterra, studiò a Cambridge e dal 1960 insegnò alla London School of Economics, accanto a Popper. Morì improvvisamente a Londra nel 1974, a 51 anni.

Lakatos accetta da Popper l'idea che la scienza sia razionale e critica, e da Kuhn l'osservazione storica che gli scienziati non abbandonano una teoria alla prima confutazione. Per tenere insieme le due cose cambia l'unità di misura. Non si valuta una singola teoria, ma un **programma di ricerca**: una successione di teorie che condividono un *nucleo* (in inglese *hard core*) di ipotesi fondamentali. I sostenitori del programma decidono di non mettere in discussione il nucleo; è la sua *euristica negativa*, che vieta di dirigere il *modus tollens* contro di esso. Le confutazioni colpiscono invece la *cintura protettiva* di ipotesi ausiliarie che circonda il nucleo e che viene modificata per assorbire le anomalie (Figura 11.6). Un'*euristica positiva* indica infine in che ordine sviluppare il programma, quali modelli costruire e quali problemi affrontare.

Una mossa del genere è legittima solo a una condizione: che le modifiche della cintura non siano *ad hoc*. Lakatos chiama *progressivo* un programma in cui ogni nuova versione prevede

fatti nuovi, mai osservati, e almeno alcune di queste previsioni vengono corroborate; *regressivo* un programma che si limita a rincorrere i fatti, spiegandoli a cose fatte con ipotesi inventate apposta. La razionalità della scienza non consiste nell'abbandonare subito una teoria confutata, ma nel preferire, alla lunga, i programmi progressivi a quelli regressivi.

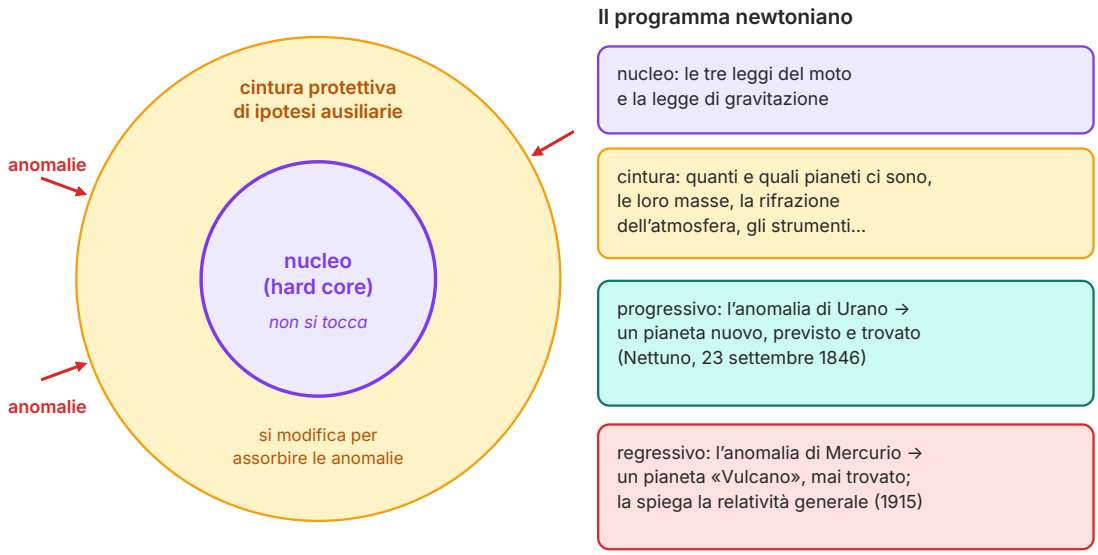

Figura 11.6 Un programma di ricerca secondo Lakatos. Le anomalie colpiscono la cintura protettiva di ipotesi ausiliarie, non il nucleo. A destra, il programma newtoniano davanti a due anomalie dell'Ottocento: quella di Urano lo fece progredire, quella di Mercurio no.

ESEMPIO SVOLTO

Urano, Nettuno e Mercurio letti con Lakatos. Il problema: la teoria di Newton prevedeva l'orbita di Urano, scoperto da William Herschel nel 1781; ma nei decenni successivi il pianeta si allontanò sempre più dalla posizione calcolata. Popper direbbe: il *modus tollens* confuta la teoria. Lakatos osserva che la previsione non derivava dalla sola teoria, ma dalla teoria più un'ipotesi ausiliaria: «i pianeti che perturbano Urano sono quelli conosciuti». Il *modus tollens* colpisce l'insieme, e dice soltanto che *almeno una* delle premesse è falsa.

La mossa. Urbain Le Verrier, a Parigi, e indipendentemente John Couch Adams, a Cambridge, mantennero il nucleo (le leggi di Newton) e modificarono la cintura: supposero un pianeta sconosciuto oltre Urano e ne calcolarono la posizione. Il 23 settembre 1846, a Berlino, Johann Galle trovò Nettuno a meno di un grado dal punto indicato da Le Verrier. L'ipotesi ausiliaria non era *ad hoc*: prevedeva un fatto nuovo, che fu osservato. È uno slittamento **progressivo**.

Il caso opposto. Nel 1859 lo stesso Le Verrier mostrò che l'orbita di Mercurio ruota lentamente più di quanto le perturbazioni dei pianeti noti spieghino. Tentò la stessa mossa e ipotizzò un pianeta interno, «Vulcano»; ma Vulcano non fu mai trovato, e le ipotesi successive non prevedevano nulla di nuovo. Per questo aspetto il programma newtoniano era in fase **regressiva**. L'anomalia, 43 secondi d'arco per secolo, fu spiegata nel 1915 dalla relatività generale, un programma rivale (T2). Conclusione: la stessa strategia (proteggere il nucleo con un'ipotesi ausiliaria) è razionale o no a seconda che porti a scoperte.

Lakatos aggiunge che la filosofia della scienza deve rendere conto della storia: una buona metodologia è quella che permette di ricostruire come razionali le scelte effettive dei grandi scienziati. Come Kuhn, guarda alla storia; diversamente da Kuhn, la giudica con criteri razionali. A differenza di Popper, però, ammette che si possa continuare a lavorare a un programma in difficoltà, purché lo si faccia sapendolo: un programma regressivo può riprendersi, e la sconfitta di un programma si vede solo dopo un tempo lungo.

11.4.2 Feyerabend: contro il metodo

Paul Karl Feyerabend (1924–1994) nacque a Vienna. Soldato nella seconda guerra mondiale, nel 1945 fu ferito alla colonna vertebrale e camminò poi con un bastone. Studiò a Vienna e a Londra con Popper, di cui fu a lungo seguace; dal 1959 al 1990 insegnò all'Università della California a Berkeley. Con Lakatos, amico e avversario, progettò un libro a due voci, uno a favore e uno contro il metodo; dopo la morte di Lakatos pubblicò da solo la sua parte, *Contro il metodo* (*Against Method*, 1975), dedicandola all'amico.

La tesi del libro è che non esiste una regola metodologica, per quanto plausibile, che i grandi scienziati non abbiano violato, e che spesso la scienza è progredita proprio grazie a queste violazioni. Il caso principale è Galileo. Contro il moto della Terra gli aristotelici portavano l'argomento della torre: una pietra lasciata cadere dalla cima arriva ai piedi della torre, mentre, se la

Terra ruotasse, dovrebbe restare indietro. L'osservazione sembrava confutare Copernico. Galileo, secondo Feyerabend, non rispose con nuovi dati, ma cambiando le «interpretazioni naturali» con cui si leggevano i dati, cioè introducendo il principio della relatività del moto; e si servì del cannocchiale prima che esistesse una teoria ottica capace di garantire che le sue immagini fossero affidabili, sostenendo le sue tesi anche con la retorica e la propaganda. Se Galileo avesse seguito la regola di Popper, avrebbe dovuto abbandonare Copernico.

Feyerabend propone allora l'**anarchismo metodologico**: la difesa del pluralismo delle teorie e dei metodi, anche contro le teorie più corroborate. Raccomanda perfino la «controinduzione», cioè lo sviluppo di ipotesi in contrasto con i fatti accettati, perché spesso solo un'alternativa fa vedere i difetti della teoria dominante. Se si vuole a tutti i costi un principio valido in ogni circostanza, scrive, l'unico è *anything goes*, «tutto può andar bene». Lo slogan è una provocazione rivolta ai razionalisti: non dice che ogni teoria valga l'altra, ma che nessuna regola, applicata sempre, avrebbe permesso le scoperte del passato. In *La scienza in una società libera* (1978) Feyerabend ne trasse una tesi politica discussa: in una democrazia la scienza non deve godere di un privilegio simile a quello di una Chiesa di Stato, e le decisioni sull'uso dei suoi risultati spettano anche ai cittadini.

11.5 Scienza, tecnica e società

11.5.1 La scienza come impresa sociale

Dopo Kuhn la scienza non appare più soltanto come un insieme di teorie e di prove, ma anche come un'attività di comunità umane, con le loro istituzioni, i loro manuali, le loro carriere. Già nel 1942 il sociologo americano Robert K. Merton aveva descritto le norme che regolano idealmente la comunità scientifica: l'universalismo (una tesi si giudica per le prove, non per la nazionalità o la fama di chi la propone), la condivisione dei risultati, il disinteresse e lo scetticismo organizzato, cioè l'abitudine di sottoporre ogni risultato al controllo dei colleghi.

Negli anni Settanta alcuni sociologi andarono oltre. Il «programma forte» della sociologia della conoscenza scientifica, proposto a Edimburgo da David Bloor nel 1976, chiedeva di spiegare con lo stesso tipo di cause, anche sociali, sia le credenze scientifiche che consideriamo vere sia quelle che consideriamo false. Molti scienziati e filosofi vi videro una forma di relativismo, e negli anni Novanta lo scontro tra le due parti fu chiamato «guerre della scienza» (*science wars*). L'episodio più noto fu, nel 1996, la beffa del fisico Alan Sokal, che fece pubblicare da una rivista di studi culturali un articolo volutamente privo di senso, scritto con il lessico di quegli studi. Oggi la maggior parte degli studiosi riconosce sia che la scienza è un'impresa sociale, sia che le sue teorie sono vincolate dall'esperienza.

11.5.2 Consenso, competenza, disinformazione

Le teorie di questo capitolo aiutano a pensare alcune domande pubbliche. Se nessuna teoria è definitivamente verificata, perché fidarsi della scienza? La risposta di Popper è che la scienza non merita fiducia perché è infallibile, ma perché è il sapere che si sottopone più sistematicamente alla critica e corregge i propri errori. Il *consenso scientifico* su una questione non è un voto, ma il risultato di controlli ripetuti e indipendenti, discussi pubblicamente da chi ha la competenza per farlo; non è irrevocabile, ma chi lo contesta deve portare prove dello stesso livello, non opinioni.

Kuhn e Lakatos aggiungono due cautele. La prima: una comunità scientifica può resistere a lungo a una novità, e non ogni eretico ha torto. La seconda: per distinguere un dissenso fecondo da una pseudoscienza non basta chiedersi se una teoria è in minoranza, ma se fa previsioni nuove che poi si avverano, o se si limita a reinterpretare i fatti a cose fatte. La disinformazione scientifica imita spesso proprio la seconda strategia: accoglie ogni dato come conferma e respinge ogni smentita come complotto, cioè diventa inconfutabile. Il criterio di Popper resta, da questo punto di vista, uno strumento semplice e utile di autodifesa intellettuale: chiedere a chi sostiene una tesi che cosa la smentirebbe.

EDUCAZIONE CIVICA

La Costituzione italiana nomina la scienza in due articoli. L'art. 9, nel testo modificato dalla legge costituzionale 11 febbraio 2022, n. 1 (lo trovi per intero nel capitolo 1), si apre così: la Repubblica «promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica»; e più avanti tutela l'ambiente «anche nell'interesse delle future generazioni».

L'art. 33 si apre affermando che l'arte e la scienza «sono libere» e libero è il loro insegnamento (il primo comma è riportato nel capitolo 3). E più avanti: «Le istituzioni di alta cultura, università ed accademie, hanno il diritto di darsi ordinamenti autonomi nei limiti stabiliti dalle leggi dello Stato.»

Il primo articolo affida allo Stato un compito, promuovere la ricerca; il secondo pone un limite allo Stato stesso, che non può imporre alla scienza le sue conclusioni. Prova a rileggerli con gli autori del capitolo: in che senso la libertà della scienza è una condizione della critica che Popper considera il suo metodo? E come si concilia con la richiesta di Feyerabend che i cittadini partecipino alle decisioni sull'uso dei risultati scientifici?

IN SINTESI

Tabella 11.2 Quattro epistemologie del Novecento a confronto.

	Popper	Kuhn	Lakatos	Feyerabend
Opera principale	*Logica della scoperta scientifica* (1934)	*La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962)	«La falsificazione e la metodologia dei programmi di ricerca scientifici» (1970)	*Contro il metodo* (1975)
Unità di analisi	la singola teoria	il paradigma di una comunità	il programma di ricerca	nessuna unità privilegiata
Ruolo della confutazione	decisivo: un controllo negativo confuta la teoria	le anomalie si accumulano senza confutare il paradigma fino alla crisi	colpisce la cintura protettiva, non il nucleo	una teoria nuova può nascere contro i fatti accettati
Come cresce la scienza	per congetture e confutazioni	scienza normale e rivoluzioni	per programmi progressivi che superano quelli regressivi	per pluralismo di teorie e di metodi
Razionalità	regole metodologiche valide sempre	nessun algoritmo per la scelta tra paradigmi	giudizio razionale, ma a lungo termine	nessuna regola vale sempre (*anything goes*)

11.6 Leggere i testi

11.6.1 T1 · Il pane di domani

Nota introduttiva. La sezione IV della *Ricerca sull'intelletto umano* (1748) si intitola «Dubbi scettici sulle operazioni dell'intelletto». Nella prima parte Hume ha mostrato che ogni ragionamento sui fatti si fonda sulla relazione di causa ed effetto, e che questa si conosce solo con l'esperienza. Nella seconda parte pone la domanda successiva: su che cosa si fondano le conclusioni che traiamo dall'esperienza? È il passo da cui nasce quello che oggi si chiama problema dell'induzione, e da cui Popper prende le mosse.

> Bisogna certamente ammettere che la natura ci ha tenuti a grande distanza da tutti i suoi segreti e ci ha concesso di conoscere soltanto poche qualità superficiali degli oggetti, mentre ci nasconde i poteri e i principi da cui dipende interamente la loro azione. I sensi ci informano del colore, del peso e della consistenza del pane; ma né i sensi né la

> ragione possono mai informarci delle qualità che lo rendono adatto a nutrire e sostenere un corpo umano. [...] Se ci viene presentato un corpo che ha lo stesso colore e la stessa consistenza del pane che abbiamo mangiato in passato, non esitiamo a ripetere l'esperimento e prevediamo con certezza lo stesso nutrimento e lo stesso sostegno. Ora, questo è un procedimento della mente, o del pensiero, di cui vorrei proprio conoscere il fondamento. [...] Queste due proposizioni sono tutt'altro che identiche: *ho trovato che un tale oggetto è sempre stato accompagnato da un tale effetto* e *prevedo che altri oggetti, simili in apparenza, saranno accompagnati da effetti simili*. Concederò, se volete, che l'una si possa a buon diritto inferire dall'altra: so, anzi, che di fatto la si inferisce sempre. Ma se insistete che l'inferenza è prodotta da una catena di ragionamenti, vi chiedo di mostrarmi quel ragionamento.
>
> [...] Tutte le inferenze dall'esperienza presuppongono, come loro fondamento, che il futuro somiglierà al passato e che a qualità sensibili simili saranno congiunti poteri simili. Se sorge il sospetto che il corso della natura possa cambiare, e che il passato non sia una regola per il futuro, ogni esperienza diventa inutile e non può dar luogo ad alcuna inferenza o conclusione. È dunque impossibile che argomenti tratti dall'esperienza possano provare questa somiglianza del passato con il futuro, poiché tutti questi argomenti si fondano sul presupposto di quella somiglianza.
>
> (Hume, *Ricerca sull'intelletto umano*, sez. IV, parte 2, §§ 29 e 32 nella numerazione di Selby-Bigge; traduzione della redazione)

Parole chiave: secret powers (poteri nascosti), *inference* (inferenza), *chain of reasoning* (catena di ragionamenti), *the course of nature* (il corso della natura).

1. Che cosa ci fanno conoscere i sensi del pane, e che cosa invece ci nascondono?
2. Quali sono le due proposizioni che Hume distingue? Di quale passaggio Hume vorrebbe conoscere il «fondamento», e perché?
3. Perché un argomento tratto dall'esperienza non può provare che il futuro somiglierà al passato? Ricostruisci il circolo che Hume denuncia.
4. Hume conclude che l'inferenza induttiva non è opera della ragione; Popper ne conclude che la scienza non procede per induzione. Le due conclusioni coincidono? Motiva la risposta.

11.6.2 T2 · Una previsione da controllare

Nota introduttiva. Nel 1917, due anni prima dell'eclissi, Einstein pubblicò un'esposizione divulgativa delle due teorie della relatività, *Relatività: esposizione divulgativa* (*Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. Gemeinverständlich*). Nel primo brano ricava dalla relatività generale che i raggi di luce si incurvano in un campo gravitazionale; nel secondo, che chiude il libro, confronta la teoria con un'anomalia nota dell'astronomia, il moto dell'orbita di Mercurio.

> Se ne deve concludere che i raggi di luce, nei campi gravitazionali, si propagano in generale lungo linee curve. Questo risultato è di grande importanza sotto due aspetti. In primo luogo, infatti, lo si può confrontare con la realtà. Anche se un esame accurato mostra che la curvatura dei raggi di luce prevista dalla teoria della relatività generale è estremamente piccola per i campi gravitazionali di cui disponiamo nell'esperienza, per i raggi che passano vicino al Sole essa dovrebbe tuttavia ammontare a 1,7 secondi d'arco. Ciò dovrebbe manifestarsi così: le stelle fisse che appaiono vicino al Sole, e che si possono osservare durante le eclissi totali, devono apparire spostate di questa quantità, in direzione opposta al Sole, rispetto alla posizione che occupano per noi nel cielo quando il Sole si trova in un altro punto del cielo. Controllare se questa conseguenza sia esatta o no è un compito della massima importanza, e possiamo sperare che gli astronomi lo assolvano presto.
>
> [...] Del pianeta Mercurio, invece, sappiamo fin da Le Verrier che l'ellisse della sua orbita, corretta nel senso detto sopra, non è fissa rispetto alle stelle fisse, ma ruota, sia pure con enorme lentezza, nel piano dell'orbita e nel senso del moto di rivoluzione. Per questo moto di rotazione dell'ellisse si è trovato un valore di 43 secondi d'arco per secolo, accertato a meno di pochi secondi d'arco. La meccanica classica riesce a spiegare questo fenomeno solo ricorrendo a ipotesi poco probabili, escogitate unicamente a questo scopo. Secondo la teoria della relatività generale, invece, ogni ellisse planetaria intorno al Sole deve necessariamente ruotare nel modo indicato; per tutti i pianeti tranne Mercurio questa rotazione è troppo piccola per essere rilevata con la precisione di osservazione oggi raggiungibile, ma per Mercurio deve ammontare a 43 secondi d'arco per secolo, esattamente come richiede l'osservazione. [...] Non dubito che anche queste conseguenze della teoria troveranno conferma.
>
> (Einstein, *Relatività: esposizione divulgativa*, 1917, § 22 e § 29; traduzione della redazione)

Parole chiave: Prüfung (controllo, prova), *Konsequenz* (conseguenza), *Bogensekunden* (secondi d'arco), *Hypothesen* (ipotesi).

1. Quale conseguenza della relatività generale indica Einstein nel primo brano, e quale osservazione permetterebbe di controllarla?
2. Einstein parla di controllare se la conseguenza sia «esatta o no»: perché, secondo Popper, questa previsione rende la teoria scientifica?
3. Che cosa dice Einstein delle ipotesi con cui la meccanica classica spiega il moto dell'orbita di Mercurio? Come le chiamerebbe Popper?
4. Nell'ultima frase Einstein si dice sicuro che le altre conseguenze «troveranno conferma». È un atteggiamento compatibile con la corroborazione di Popper? Discuti.

11.6.3 T3 · Quando una teoria è scientifica?

Nota introduttiva. Il primo capitolo di *Congetture e confutazioni* (1963) riproduce una conferenza tenuta da Popper a Cambridge nel 1953, in cui racconta come arrivò al criterio di falsificabilità. Poiché il testo di Popper è protetto dal diritto d'autore, se ne dà qui una sintesi fedele, nell'ordine dell'originale.

> Il problema che Popper si pone in questa conferenza non è quando una teoria sia vera o accettabile, ma quando la si debba considerare scientifica; e nota subito che il ricorso alle osservazioni non basta a deciderlo, perché anche l'astrologia ne raccoglie moltissime. Per spiegare come vi è arrivato, torna al 1919 e alle quattro teorie che allora discuteva a Vienna: la relatività di Einstein, la concezione marxista della storia, la psicoanalisi di Freud, la psicologia individuale di Adler. Delle ultime tre lo colpiva proprio ciò che i loro seguaci più ammiravano: rendevano conto di qualsiasi fatto del loro campo, sicché le conferme sembravano ovunque, nei giornali come nei casi clinici, e chi non le vedeva era accusato di non volerle vedere. L'episodio con Adler, che interpretò senza esitare un caso di cui non aveva mai visto il protagonista, rafforzò il sospetto.
>
> La previsione di Einstein, invece, metteva la teoria in pericolo: le lastre dell'eclissi avrebbero potuto smentirla. Da questo contrasto Popper ricava alcune tesi, che numera una per una. Trovare conferme è facile per quasi ogni teoria, se le si va a cercare; hanno peso solo quelle che vengono da previsioni rischiose, di eventi che senza la teoria non ci saremmo aspettati. Una teoria è tanto migliore quanto più numerosi sono i fatti che esclude. Non poter essere confutata da nessun evento non è una forza, ma il segno che la teoria non è scientifica. Controllare davvero una teoria significa tentare di confutarla, con prove più o meno severe. E una teoria smentita si può sempre difendere con ipotesi aggiunte o interpretazioni di comodo, ma solo abbassandone il valore scientifico. La conclusione è che una teoria è scientifica se si può confutare, cioè controllare.
>
> (Popper, *Congetture e confutazioni*, cap. 1, § I; sintesi della redazione)

1. Perché, secondo Popper, il fatto di basarsi su osservazioni non basta a rendere scientifica una teoria?
2. Che cosa distingue la previsione di Einstein dalle «conferme» dei marxisti e degli adleriani?
3. Spiega con un esempio tuo la tesi che ogni buona teoria scientifica è un divieto.
4. Qual è il prezzo di salvare una teoria confutata con ipotesi ausiliarie? In quale caso Lakatos giudicherebbe invece legittima la mossa?

11.6.4 T4 · Perché parlare di rivoluzioni

Nota introduttiva. Nel capitolo IX della *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962), «Natura e necessità delle rivoluzioni scientifiche», Kuhn spiega perché chiama «rivoluzioni» i cambiamenti

di paradigma. Il testo di Kuhn è protetto dal diritto d'autore: se ne dà una sintesi fedele, nell'ordine dell'originale.

> Kuhn si chiede perché il passaggio da un paradigma all'altro meriti il nome di rivoluzione, e risponde con un confronto in due tempi. Il primo riguarda l'inizio. Una rivoluzione politica matura quando un gruppo, magari minoritario, si convince che le istituzioni non sanno più risolvere problemi che esse stesse hanno in parte generato. Nella scienza accade qualcosa di simile: spesso sono gli specialisti di un settore ristretto ad accorgersi che il paradigma non funziona più proprio là dove aveva indirizzato la ricerca. In entrambi i casi, senza questa percezione di un guasto e senza la crisi che ne segue, non c'è rivoluzione.
>
> Il secondo riguarda il modo in cui si decide. Chi fa una rivoluzione politica vuole cambiare le istituzioni con mezzi che le istituzioni stesse non ammettono; le parti in lotta non hanno più regole comuni a cui appellarsi e devono convincere, o costringere. Lo stesso vale, secondo Kuhn, tra paradigmi rivali: ciascuno porta con sé un modo diverso di lavorare e di giudicare, e le procedure della scienza normale non possono fare da arbitro, perché sono fissate a loro volta da un paradigma, cioè proprio da ciò che è in gioco. Ogni gruppo difende il proprio paradigma ragionando a partire da esso, e il ragionamento diventa circolare. Kuhn non ne conclude che gli argomenti siano inutili: servono a persuadere, non a dimostrare. Alla fine, come nelle rivoluzioni politiche, a decidere è il consenso della comunità interessata, non un criterio che stia al di sopra di essa.
>
> (Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, cap. IX; sintesi della redazione)

1. In che cosa si somigliano, secondo Kuhn, l'inizio di una rivoluzione politica e quello di una rivoluzione scientifica?
2. Perché la scelta tra due paradigmi non si può decidere con le regole della scienza normale?
3. In che senso, durante una rivoluzione, l'argomentazione diventa «circolare»? Collega la risposta all'incommensurabilità.
4. Quale accusa hanno rivolto i critici a questa pagina? Come potrebbe rispondere Kuhn?

SINTESI

- Il problema della **demarcazione** chiede che cosa distingua la scienza empirica dalla metafisica e dalle pseudoscienze. Il Circolo di Vienna rispondeva con il principio di verificazione, criterio insieme di significato e di scientificità.
- Karl Popper (1902–1994), viennese ma estraneo al Circolo, pubblica nel 1934 (con la data 1935) la *Logica della scoperta scientifica*. Accetta da Hume che l'induzione non si possa giustificare: nessuna serie di osservazioni verifica una legge universale.
- Per l'**asimmetria** tra verificazione e falsificazione, un solo controllo negativo confuta una legge (*modus tollens*), mentre le conferme non la provano (affermare il conseguente è una fallacia).
- Una teoria è scientifica se è **falsificabile**: se vieta qualche asserzione base possibile. È un criterio di demarcazione, non di significato; più una teoria vieta, più contenuto ha.
- La scienza procede per **congetture e confutazioni**. Le teorie che superano controlli severi sono **corroborate**, mai verificate; le ipotesi *ad hoc* salvano una teoria riducendone il contenuto.
- L'eclissi del 1919 confermò una previsione rischiosa di Einstein; marxismo, psicoanalisi e psicologia di Adler, secondo Popper, vedevano invece conferme ovunque. Il verdetto è stato discusso da psicoanalisti, marxisti e filosofi.
- Contro lo **storicismo**, che pretende di prevedere il corso della storia, Popper argomenta che non possiamo prevedere la crescita della conoscenza; difende la **società aperta**, la democrazia come possibilità di cambiare governo senza violenza e le riforme graduali.
- Thomas Kuhn (1922–1996), nella *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962), descrive la **scienza normale** come soluzione di rompicapi entro un **paradigma**; le **anomalie** portano alla crisi e alla **rivoluzione scientifica**.
- Paradigmi successivi sono **incommensurabili**: mancano un linguaggio neutro e criteri comuni per confrontarli punto per punto. Per Kuhn la scelta non segue un algoritmo, ma non è arbitraria.
- Imre Lakatos valuta i **programmi di ricerca**: un nucleo protetto da una cintura di ipotesi ausiliarie. Un programma è progressivo se prevede fatti nuovi (Nettuno, 1846), regressivo se li rincorre (Vulcano).
- Paul Feyerabend, in *Contro il metodo* (1975), sostiene che ogni regola è stata violata con profitto (Galileo) e difende l'**anarchismo metodologico**; «*anything goes*» è una provocazione.
- Dopo Kuhn si studia la scienza anche come impresa sociale. La Costituzione promuove la ricerca (art. 9) e ne garantisce la libertà (art. 33); il consenso scientifico nasce da controlli pubblici, ripetuti e indipendenti.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● La *Logica della scoperta scientifica* di Popper uscì:
   A. nel 1929, insieme al manifesto del Circolo di Vienna
   B. nel 1934, con la data 1935
   C. nel 1945, in Nuova Zelanda
   D. nel 1962, insieme alla *Struttura* di Kuhn

2. ● Per Popper la falsificabilità è:
   A. un criterio di demarcazione tra scienza empirica e non scienza
   B. un criterio di significato: ciò che non è falsificabile è privo di senso
   C. la prova che una teoria è falsa
   D. un metodo per scoprire nuove ipotesi

3. ●● Dalle premesse «se T, allora O» e «non O» si conclude in modo valido:
   A. T
   B. O
   C. non T
   D. nulla, perché la forma non è valida

4. ●● Dire che una teoria è «corroborata» significa, per Popper, che:
   A. è stata verificata in modo definitivo
   B. ha una probabilità del 100%
   C. è stata ricavata per induzione da molti casi
   D. ha superato controlli severi senza essere confutata, e resta una congettura

5. ●● Popper considera non scientifiche la psicoanalisi di Freud e la psicologia di Adler perché:
   A. sono state confutate da molti esperimenti
   B. riescono a spiegare qualunque comportamento, e quindi non vietano nulla
   C. non usano osservazioni cliniche
   D. si occupano della mente e non della materia

6. ● Per Kuhn la scienza normale:
   A. risolve rompicapi entro un paradigma che non mette in discussione
   B. cerca continuamente di confutare il paradigma
   C. è il periodo che precede ogni paradigma
   D. coincide con la rivoluzione scientifica

7. ●● Per Kuhn due paradigmi successivi sono incommensurabili perché:
   A. uno dei due è sempre falso
   B. tutte le teorie valgono lo stesso
   C. manca un linguaggio neutro e criteri comuni per confrontarli punto per punto
   D. trattano di fenomeni completamente diversi

8. ●● In un programma di ricerca di Lakatos la cintura protettiva:
   A. non si modifica mai
   B. coincide con il paradigma di Kuhn
   C. è la parte che il *modus tollens* non può colpire
   D. è formata da ipotesi ausiliarie che si modificano per proteggere il nucleo

9. ● L'espressione «*anything goes*» è di:
   A. Feyerabend
   B. Kuhn
   C. Popper
   D. Lakatos

10. ●● Per Lakatos la scoperta di Nettuno (1846) è un esempio di:
    A. programma regressivo
    B. ipotesi *ad hoc* senza conseguenze nuove
    C. slittamento progressivo: un'ipotesi ausiliaria che prevede un fatto nuovo, poi osservato
    D. confutazione del nucleo newtoniano

Il lessico filosofico

11. ● Definisci in due o tre righe ciascuno, citando l'autore: *falsificabilità*, *corroborazione*, *ipotesi ad hoc*.

12. ●● Distingui *verificazione* e *falsificazione*: chi propose ciascun criterio, che cosa pretende di distinguere, perché le leggi universali creano difficoltà al primo e non al secondo.

13. ● Completa. Per Kuhn un _____ è l'insieme di conquiste esemplari e di criteri condivisi da una comunità scientifica. La ricerca che si svolge al suo interno si chiama _____ e consiste nel risolvere _____. Un fenomeno che contraddice le attese è un'_____; quando queste si accumulano si ha una _____, che si conclude con una _____.

14. ●● Abbina ogni termine all'autore e alla definizione. Termini: (a) nucleo; (b) incommensurabilità; (c) anarchismo metodologico; (d) demarcazione; (e) matrice disciplinare. Autori: Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend. Definizioni: (1) assenza di criteri comuni per confrontare due paradigmi; (2) ipotesi fondamentali che un programma decide di non mettere in discussione; (3) leggi, modelli, valori e strumenti condivisi da una comunità; (4) nessuna regola di metodo vale in ogni circostanza; (5) problema di distinguere la scienza empirica dalla non scienza.

15. ●● Distingui un programma di ricerca *progressivo* da uno *regressivo*, con un esempio per ciascuno tratto dal capitolo.

Leggere i testi

16. ● (T1) Quali sono le due proposizioni che Hume distingue? Perché il passaggio dalla prima alla seconda non è prodotto, secondo lui, da un ragionamento?

17. ●● (T1) Ricostruisci in premesse e conclusione il circolo che Hume denuncia nell'ultimo capoverso. In che modo Popper si serve di questa conclusione?

18. ● (T2) Quale previsione fa Einstein nel 1917? Quale risultato delle osservazioni l'avrebbe confutata? Perché, secondo Popper, è una previsione «rischiosa»?

19. ●● (T2) Come giudica Einstein le ipotesi con cui la meccanica classica spiega il moto dell'orbita di Mercurio? Collega il giudizio al concetto di ipotesi *ad hoc* e a quello di programma regressivo.

20. ●● (T3 e T4) Uno scienziato osserva un risultato che contraddice la teoria che usa. Come dovrebbe comportarsi secondo Popper (T3)? Come si comporta, di fatto, secondo Kuhn, in un periodo di scienza normale?

21. ●●● Leggi questo passo nuovo e rispondi. «Ora, sembra evidente che, se questa conclusione fosse formata dalla ragione, sarebbe perfetta fin dall'inizio, e in base a un solo caso, quanto dopo una lunghissima esperienza. Ma le cose vanno ben diversamente. Nulla si somiglia quanto le uova; eppure nessuno, per questa somiglianza apparente, si aspetta da tutte lo stesso sapore e lo stesso gusto. Solo dopo una lunga serie di esperimenti uniformi, di qualunque genere, otteniamo una fiducia e una sicurezza salde riguardo a un evento particolare. Ora, dov'è quel procedimento di ragionamento che da un solo caso trae una conclusione così diversa da quella che inferisce da cento casi per nulla diversi da quell'unico?» (Hume, *Ricerca sull'intelletto umano*, sez. IV, parte 2, § 31; traduzione della redazione) (a) Quale fatto dell'esperienza quotidiana usa Hume? (b) Perché, se la conclusione induttiva fosse prodotta dalla ragione, «sarebbe perfetta fin dall'inizio»? (c) Che cosa spiega, invece, la differenza tra un caso e cento casi?

Argomentare

22. ●● Ricostruisci in premesse numerate e conclusione l'argomento di Popper contro lo storicismo (prefazione a *Miseria dello storicismo*). Quale premessa ti sembra più discutibile, e perché?

23. ●● «Tutti i cigni sono bianchi.» Scrivi in forma di argomento (a) la confutazione prodotta dall'osservazione di un cigno nero e (b) il ragionamento di chi, dopo aver visto mille cigni bianchi, conclude che la legge è vera. Mostra con la tavola di verità del condizionale quale dei due è valido.

24. ●●● Una previsione O non si ricava dalla sola teoria T, ma da T insieme a un'ipotesi ausiliaria A. Scrivi il *modus tollens* che si ottiene quando O risulta falsa e spiega che cosa permette di concludere. Applica lo schema al caso di Urano: che cos'erano T e A, e quale delle due fu abbandonata?

25. ●● Trova la premessa nascosta e valuta l'argomento: «Questa teoria ha ricevuto migliaia di conferme; dunque è vera.»

Confrontare e collegare

26. ●● Popper e Kuhn: confronta le loro risposte a tre domande. Che cosa fa uno scienziato davanti a un risultato contrario? Come cambia la scienza? Che cosa rende razionale la scelta tra teorie?

27. ● Cronologia. Metti in ordine e data: la *Ricerca sull'intelletto umano* di Hume; la scoperta di Nettuno; l'eclissi che confermò la relatività generale; la *Logica della scoperta scientifica*; la *Struttura delle rivoluzioni scientifiche*; il colloquio di Londra tra Popper e Kuhn; il saggio di Lakatos sui programmi di ricerca; *Contro il metodo*. Poteva la *Struttura* rispondere a Lakatos?

28. ●● Collegamento con la Fisica. Calcola la deviazione di un raggio di luce che sfiora il Sole secondo la relatività generale, $\delta = 4GM/(c^2R)$, con $G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg², $M = 1{,}989 \cdot 10^{30}$ kg, $c = 2{,}998 \cdot 10^{8}$ m/s, $R = 6{,}957 \cdot 10^{8}$ m. Esprimila in secondi d'arco (1 rad ≈ 206 265″) e confrontala con il valore «newtoniano», metà del precedente. Perché il confronto tra i due numeri rendeva l'eclissi del 1919 un controllo cruciale nel senso di Popper?

29. ●● E oggi? Una rubrica di oroscopi scrive: «Questa settimana una persona importante entrerà nella tua vita». Applica il criterio di Popper. Poi riscrivi la frase in modo che diventi falsificabile e indica quale osservazione la confuterebbe. Diventerebbe per questo una teoria scientifica?

Verso la verifica

30. ●● Trattazione sintetica (12–15 righe). Esponi il criterio di falsificabilità di Popper e le obiezioni che gli rivolgono Kuhn e Lakatos.

31. ●●● Tema argomentativo: prepara la scaletta (tesi, due argomenti, un'obiezione con risposta, conclusione). «Una teoria scientifica non è mai definitivamente vera. È una debolezza o una forza della scienza?»

Verso il colloquio

32. ● Esporre in tre minuti. Presenta la teoria di Kuhn usando questi termini: *paradigma*, *scienza normale*, *anomalia*, *crisi*, *rivoluzione*, *incommensurabilità*.

33. ●● Dal documento al problema (Educazione civica). Parti dal primo comma dell'art. 33 della Costituzione (testo nel capitolo 3): l'arte e la scienza «sono libere», e libero è il loro insegnamento. Individua il problema filosofico che l'articolo solleva, collegalo a un autore del capitolo e a un'altra disciplina, ed esprimi una tua valutazione.

34. ●● Collegare. Il concetto di «rivoluzione» in almeno tre discipline: Filosofia (Kant e Kuhn), Storia, Fisica.

PER APPROFONDIRE

- [GEY] L. Geymonat, *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, Garzanti: i capitoli sull'epistemologia del Novecento, con particolare attenzione al rapporto tra filosofia e storia delle scienze.
- [REA] G. Reale, D. Antiseri, *Il pensiero occidentale dalle origini ad oggi*, La Scuola: le parti su Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, per un'esposizione complessiva della filosofia della scienza dopo il Circolo di Vienna.

Glossario del capitolo

Affermazione del conseguente
Forma di ragionamento non valida (fallacia): «se A, allora B; B; dunque A». Ragionare da una conferma alla verità di una teoria ha questa forma.

Anarchismo metodologico
In Feyerabend, la tesi che nessuna regola metodologica valga in ogni circostanza e che la scienza progredisca grazie al pluralismo di teorie e di metodi («anything goes»).

Anomalia
In Kuhn, un fenomeno che contraddice le attese del paradigma e non si lascia ricondurre a esso; se persiste e si moltiplica, porta alla crisi.

Asserzione base
In Popper, una proposizione singolare che descrive un evento osservabile in un luogo e in un tempo determinati («qui c'è un cigno nero»); con le asserzioni base si controllano le teorie.

Congettura
In Popper, una teoria proposta come soluzione provvisoria di un problema, inventata e non ricavata per induzione dai dati, da sottoporre a controlli severi.

Corroborazione
In Popper, il resoconto dei controlli severi che una teoria ha superato senza essere confutata; non equivale a verificazione né a probabilità, e non garantisce il futuro.

Demarcazione
In Popper, il problema di trovare un criterio che distingua le teorie della scienza empirica dalla logica e dalla matematica, dalla metafisica e dalle pseudoscienze.

Falsificabilità
In Popper, la proprietà di una teoria che può essere contraddetta da almeno un'osservazione possibile, cioè che vieta qualche asserzione base; è il criterio di demarcazione della scienza empirica.

Incommensurabilità
In Kuhn, la mancanza di un linguaggio neutro e di criteri comuni con cui confrontare punto per punto due paradigmi successivi; non implica che ogni teoria valga l'altra.

Ipotesi ad hoc
Ipotesi aggiunta al solo scopo di salvare una teoria da una confutazione, senza altre conseguenze controllabili; secondo Popper ne riduce il contenuto empirico.

Modus tollens
Forma di ragionamento valida: «se A, allora B; non B; dunque non A». In Popper è la forma logica della confutazione di una teoria.

Mondo 3
In Popper, il mondo dei contenuti oggettivi del pensiero (teorie, problemi, argomenti), distinto dal mondo 1 degli oggetti fisici e dal mondo 2 degli stati mentali.

Paradigma
In Kuhn, l'insieme di conquiste esemplari, leggi, strumenti e criteri condivisi da una comunità scientifica, che per un certo tempo ne stabilisce i problemi e le soluzioni legittime.

Programma di ricerca
In Lakatos, una successione di teorie con un nucleo comune, protetto da una cintura di ipotesi ausiliarie; è progressivo se prevede fatti nuovi poi corroborati, regressivo se li spiega solo a cose fatte.

Rivoluzione scientifica (in Kuhn)
La sostituzione non cumulativa di un paradigma con un altro, incompatibile, al termine di una crisi; non si decide con le regole della scienza normale.

Scienza normale
In Kuhn, la ricerca che si svolge entro un paradigma accettato e consiste nel risolvere rompicapi, senza mettere in discussione i fondamenti.

Società aperta (in Popper)
La società in cui gli individui prendono decisioni personali e possono criticare le istituzioni e cambiare i governanti senza violenza, opposta alla società chiusa, tribale e dogmatica; Popper riprende l'espressione da Bergson, ma con un senso politico.

Storicismo (in Popper)
La dottrina secondo cui la storia segue leggi che permettono di prevederne lo sviluppo a lungo termine; Popper la combatte in *Miseria dello storicismo*. Da non confondere con lo storicismo di Dilthey e di Croce.

Soluzioni

1. B. Uscì nell'autunno del 1934 con la data 1935; il 1929 è l'anno del manifesto del Circolo, il 1945 della *Società aperta*, il 1962 della *Struttura*.

2. A. È un criterio di demarcazione, non di significato (B è la posizione attribuita al Circolo, con la verificazione); falsificabile non vuol dire falsificata (C); l'origine delle ipotesi riguarda la psicologia (D).

3. C. È il *modus tollens*, forma valida: se la conseguenza è falsa, è falsa anche la teoria.

4. D. La corroborazione riassume i controlli superati finora; non è verificazione né probabilità e non garantisce il futuro.

5. B. Il loro difetto, per Popper, è l'inconfutabilità: ogni caso, anche opposto, diventa una conferma (l'esempio dei due uomini e del bambino).

6. A. La scienza normale articola il paradigma e ne attribuisce gli insuccessi al ricercatore; il periodo senza paradigma è quello pre-paradigmatico.

7. C. L'incommensurabilità riguarda problemi, criteri e significati dei termini (la massa in Newton e in Einstein); non implica che tutte le teorie si equivalgano (B): è il fraintendimento segnalato nell'Errore frequente, che neppure il «tutto va bene» di Feyerabend intende sostenere.

8. D. È il nucleo a essere protetto dall'euristica negativa; le anomalie si assorbono modificando la cintura.

9. A. È di Feyerabend (*Contro il metodo*, 1975), che la presenta come l'unico principio valido in ogni circostanza, per provocazione.

10. C. L'ipotesi di un pianeta sconosciuto proteggeva il nucleo e prevedeva un fatto nuovo, trovato da Galle il 23 settembre 1846.

11. Falsificabilità (Popper): proprietà di una teoria che può essere contraddetta da un'osservazione possibile, cioè vieta qualche asserzione base; criterio di demarcazione. Corroborazione (Popper): resoconto dei controlli severi superati da una teoria senza essere confutata; non è verificazione. Ipotesi *ad hoc*: ipotesi aggiunta solo per salvare una teoria da una confutazione, senza altre conseguenze controllabili; ne riduce il contenuto (§ «Congetture e confutazioni»).

12. Il criterio di verificazione è del Circolo di Vienna: distingue il sensato dall'insensato (ed è anche criterio di scientificità); una legge universale riguarda infiniti casi e nessuna serie finita di osservazioni la verifica. Il criterio di falsificazione è di Popper: distingue la scienza empirica dalla non scienza, non il senso dal non senso; una legge universale può essere confutata da un solo caso contrario, per *modus tollens*.

13. paradigma; scienza normale; rompicapi (*puzzle*); anomalia; crisi; rivoluzione scientifica.

14. (a) Lakatos, 2; (b) Kuhn, 1; (c) Feyerabend, 4; (d) Popper, 5; (e) Kuhn (nel *Poscritto* del 1969), 3.

15. Progressivo: ogni nuova versione prevede fatti nuovi e alcune previsioni vengono corroborate (il programma newtoniano con l'ipotesi di Nettuno, 1846). Regressivo: si limita a spiegare i fatti a cose fatte con ipotesi inventate apposta (lo stesso programma davanti all'orbita di Mercurio, con l'ipotesi di Vulcano, mai trovato). Esempio svolto «Urano, Nettuno e Mercurio».

16. Traccia. «Ho trovato che un tale oggetto è sempre stato accompagnato da un tale effetto» (passato) e «prevedo che oggetti simili saranno accompagnati da effetti simili» (futuro). Non sono identiche; nessuno sa mostrare il ragionamento che le collega: non è una dimostrazione (il contrario è pensabile) e non può essere un argomento dall'esperienza, che presupporrebbe ciò che deve provare.

17. Traccia. P1. Ogni inferenza dall'esperienza presuppone che il futuro somigli al passato. P2. Un argomento che provasse questa somiglianza con

l'esperienza sarebbe un'inferenza dall'esperienza. C. Dunque presupporrebbe ciò che deve provare: è circolare. Popper accetta la conclusione (l'induzione non si giustifica), ma invece di ricorrere all'abitudine nega che la scienza proceda per induzione: le teorie sono congetture controllate deduttivamente.

18. Traccia. Le stelle vicine al Sole, osservate durante un'eclissi totale, devono apparire spostate di circa 1,7″ in direzione opposta al Sole. L'avrebbe confutata una deviazione nulla o pari alla metà (il valore ricavabile dalla gravità newtoniana). È rischiosa perché, senza la teoria, ci si sarebbe aspettato un risultato che la contraddice: la teoria vietava qualcosa che poteva accadere.

19. Traccia. Le giudica «poco probabili» ed «escogitate unicamente a questo scopo»: sono ipotesi *ad hoc*, che salvano la teoria senza altre conseguenze controllabili (Popper). Per Lakatos indicano che, su questo punto, il programma newtoniano rincorreva i fatti (Vulcano non fu trovato): una fase regressiva, che la relatività generale, prevedendo i 43″ per secolo, supera.

20. Traccia. Popper: deve prendere sul serio la confutazione e non salvare la teoria con ipotesi *ad hoc* o reinterpretazioni, che ne ridurrebbero lo statuto scientifico. Kuhn: nella scienza normale l'insuccesso è attribuito al ricercatore o messo da parte come anomalia; il paradigma è abbandonato solo quando le anomalie portano a una crisi e c'è un paradigma alternativo (T4).

21. Traccia. (a) Le uova si somigliano moltissimo, ma non ci aspettiamo che abbiano tutte lo stesso sapore; solo una lunga serie di esperienze uniformi dà sicurezza. (b) Un ragionamento vale per la sua forma: se dal primo caso non segue la conclusione, non segue neppure da cento casi identici al primo, che non aggiungono nessuna premessa nuova. (c) La ripetizione, cioè l'abitudine: Hume lo mostrerà nella sezione V; la differenza è psicologica, non logica. È la stessa conclusione di T1, da cui Popper ricava che le teorie non si giustificano per induzione.

22. Traccia. P1. Ciò che accade nella storia dipende in larga misura dalla crescita della conoscenza. P2. Non possiamo prevedere con metodi razionali la crescita futura della conoscenza scientifica (se la prevedessimo, la possederemmo già). C1. Dunque non possiamo prevedere il corso futuro della storia. C2. Dunque non può esistere una storia teorica, una fisica della società che lo preveda. C3. Lo storicismo si propone uno scopo impossibile. Discussione: P1 si può contestare per periodi in cui la conoscenza cambia poco; P2 vieta la previsione dei contenuti, non quella di tendenze generali (per esempio che la ricerca crescerà). Restano possibili previsioni condizionate e limitate.

23. (a) P1. Se tutti i cigni sono bianchi, il cigno osservato è bianco. P2. Il cigno osservato non è bianco. C. Non tutti i cigni sono bianchi: *modus tollens*, valido, perché le premesse sono vere insieme solo quando la teoria è falsa (ultima riga della Tabella 11.1). (b) P1. Se tutti i cigni sono bianchi, i mille cigni osservati sono bianchi. P2. I mille cigni osservati sono bianchi. C. Tutti i cigni sono bianchi: affermazione del conseguente, non valida, perché le premesse sono vere anche nella riga in cui la teoria è falsa (terza riga).

24. P1. Se (T e A), allora O. P2. Non O. C. Non (T e A): almeno una delle due è falsa, ma la logica non dice quale. Per Urano: T = le leggi di Newton; A = «i pianeti che perturbano Urano sono quelli conosciuti»; O = la posizione calcolata di Urano. Fu abbandonata A, ipotizzando un pianeta nuovo: la scelta si rivelò progressiva, perché portò alla scoperta di Nettuno (1846). È il punto su cui Lakatos corregge Popper: le confutazioni colpiscono la cintura, non necessariamente il nucleo.

25. Premessa nascosta: «una teoria confermata da molti casi è vera» (oppure: «se una teoria è vera, ha molte conferme», da cui si conclude affermando il conseguente). L'argomento non è valido: le conferme non provano una legge universale (Hume, T1; asimmetria di Popper). Per Popper conta che le conferme derivino da controlli severi e da previsioni rischiose; anche allora la teoria è corroborata, non verificata.

26. Traccia. Popper: lo prende come possibile confutazione e non salva la teoria con ipotesi *ad hoc*; la scienza cambia per congetture e confutazioni conti-

nue; la scelta è razionale perché guidata da regole (preferire le teorie più falsificabili e meglio corroborate). Kuhn: nella scienza normale lo mette da parte come anomalia; la scienza alterna lunghi periodi normali e rivoluzioni; non c'è un algoritmo, ma valori condivisi (precisione, coerenza, ampiezza, semplicità, fecondità) e alla fine il consenso della comunità (T4). Il colloquio di Londra (1965).

27. Hume, 1748; Nettuno, 1846; eclissi, 1919; *Logica*, 1934 (data 1935); *Struttura*, 1962; colloquio di Londra, 1965; Lakatos, 1970; *Contro il metodo*, 1975. No: la *Struttura* (1962) precede il saggio di Lakatos (1970), che nasce proprio dal dibattito tra Popper e Kuhn; Kuhn rispose ai critici nel *Poscritto* del 1969 e negli atti del colloquio.

28. $\delta = 4 \cdot 6{,}674 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}989 \cdot 10^{30} / ((2{,}998 \cdot 10^{8})^2 \cdot 6{,}957 \cdot 10^{8}) \approx 8{,}49 \cdot 10^{-6}$ rad $\approx 1{,}75''$; valore newtoniano $\approx 0{,}88''$. Le due teorie prevedevano valori diversi di un fattore 2, misurabili con le lastre fotografiche: un risultato vicino a 0,88″ (o a zero) avrebbe confutato la relatività generale. Le misure (Sobral 1,98 ± 0,12″, Príncipe 1,61 ± 0,30″) erano compatibili con 1,75″: la teoria fu corroborata, non verificata.

29. Traccia. La frase non vieta nulla («importante» è vago, «entrerà nella tua vita» si adatta a qualunque incontro): non è falsificabile. Versione falsificabile: «questa settimana ogni nato sotto il segno X riceverà una telefonata da una persona che non ha mai sentito prima»; la confuterebbe anche un solo nato sotto X che, in questa settimana, non riceva telefonate di sconosciuti. La frase diventerebbe controllabile, cioè scientifica per il criterio di Popper; quasi certamente sarebbe confutata, e resterebbe una teoria scientifica falsa (Errore frequente su «falsificabile» e «falsificata»).

30. Traccia. (1) Il problema della demarcazione e il rifiuto della verificazione: le leggi universali non si verificano. (2) L'asimmetria: un caso contrario confuta (*modus tollens*). (3) Falsificabilità come criterio di demarcazione, non di significato; contenuto e divieti; corroborazione; ipotesi *ad hoc*. (4) Kuhn: la storia mostra la scienza normale, in cui le anomalie non confutano il paradigma; le rivoluzioni non seguono regole metodologiche. (5) Lakatos: le confutazioni colpiscono la cintura protettiva, non il nucleo; si valutano programmi, progressivi o regressivi (Nettuno e Vulcano). Conclusione: le obiezioni non eliminano l'idea popperiana di una scienza critica, ma la spostano dalla singola teoria alla storia dei programmi e delle comunità.

31. Traccia. **Tesi**: è una forza, perché rende la scienza capace di correggersi. **Argomento 1**: l'asimmetria logica (Hume, Popper): nessuna conferma verifica una legge universale, quindi pretendere verità definitive sarebbe illusorio; la scienza lo riconosce e controlla le teorie con previsioni rischiose (Einstein, 1919). **Argomento 2**: la storia (Kuhn, Lakatos) mostra che le teorie migliori sono nate correggendo quelle precedenti (Mercurio e la relatività). **Obiezione**: se tutto è provvisorio, perché fidarsi della scienza più che di un'opinione? **Risposta**: provvisorio non vuol dire arbitrario; le teorie corroborate hanno superato controlli pubblici e severi, e il consenso scientifico nasce da questi controlli. **Conclusione**: la fallibilità è il prezzo della controllabilità, e la controllabilità è ciò che distingue la scienza.

32. Scaletta. (1) Kuhn, fisico e storico della scienza; la *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962). (2) Il paradigma: conquiste esemplari e criteri condivisi da una comunità (Tolomeo, Newton, Lavoisier). (3) La scienza normale come soluzione di rompicapi. (4) Le anomalie (l'ossigeno di Priestley e Lavoisier) e la crisi (l'astronomia prima di Copernico). (5) La rivoluzione come sostituzione non cumulativa; l'analogia politica e la figura anatra-coniglio. (6) L'incommensurabilità (la massa in Newton e in Einstein) e il confronto con Popper (1965). (7) Un giudizio: Kuhn introduce la storia nella filosofia della scienza; resta discussa l'accusa di irrazionalismo.

33. Traccia. Problema: perché la scienza deve essere libera dallo Stato, e quali limiti ha questa libertà? Autore: Popper, per cui la conoscenza cresce solo dove le teorie si possono criticare liberamente (società aperta, critica dello storicismo); oppure Feyerabend, che chiede invece un controllo dei cittadini sull'uso della scienza. Altra disciplina: Storia (le leggi razziali del 1938 esclusero dalle università e dalle scuole italiane i docenti ebrei; Popper stesso

lasciò l'Austria nel 1937 prevedendo l'annessione); oppure Fisica (l'eclissi del 1919: due spedizioni britanniche controllarono la teoria di uno scienziato che lavorava a Berlino, subito dopo la guerra). Valutazione personale, con riferimento anche all'art. 9 («La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica»).

34. Traccia. Filosofia: Kant, nella prefazione del 1787 alla *Critica della ragion pura*, paragona la sua svolta all'ipotesi di Copernico; Kuhn (1962) chiama rivoluzioni i cambiamenti di paradigma e le paragona espressamente alle rivoluzioni politiche (T4). Storia: la rivoluzione francese (1789) cambia le istituzioni con mezzi che le istituzioni precedenti non prevedevano, come nell'analogia di Kuhn; nello stesso anno Lavoisier pubblica il *Trattato elementare di chimica*. Fisica: la relatività (1905, 1915) cambia il significato di spazio, tempo e massa; il caso della massa è l'esempio di incommensurabilità usato da Kuhn. Conclusione: la parola indica in tutti i casi una rottura, ma in Kuhn una rottura che non si decide con le regole del sistema precedente.