

A PROPOSITO DEL METODO SCIENTIFICO ... LEGGENDO FUMETTI*

MARCO SALUCCI

Società Filosofica Italiana e Liceo Scientifico Gramsci, Firenze

1. Supereroi e superscienziati

In ogni epoca e in ogni civiltà l'umanità ha avuto i suoi supereroi. Non c'è bisogno di dilungarsi, molti fanno ancora parte dell'immaginario collettivo: Ulisse, Ercole, Achille sono ancora in grado di dire qualcosa all'uomo del XXI secolo. Tuttavia anche l'età contemporanea ha i suoi supereroi: Superman, Batman, L'Uomo Ragno, Capitan America, il Dr. Manhattan e innumerevoli altri costituiscono una sorta di novello Olimpo che si materializza non più in templi di marmo e in statue di bronzo ma in immagini di carta o di celluloidi¹. Non tutti i supereroi contemporanei hanno superpoteri, ma molti hanno conoscenze superiori, superconoscenze, che in alcuni casi consistono in una perfetta padronanza della scienza; in più, non è infrequente trovare che i supereroi hanno acquistato i loro poteri a causa di qualche evento eccezionale cui l'autore cerca di conferire un'plausibilità scientifica². I supereroi dei *comics* non derivano i loro superpoteri da una parentela con una divinità o da una qualche frequentazione con un'entità soprannaturale. Il piè veloce Achille è figlio di una ninfa, Flash deriva la sua velocità da un incidente di laboratorio; Ercole era figlio di Zeus, Superman trae la sua forza dall'effetto che le condizioni fisiche della Terra hanno sulla sua natura aliena; per cavarsi d'impaccio Ulisse riceve suggerimenti da Atena, Batman si affida al suo talento di scienziato e al suo laboratorio privato.

Certamente non vale per tutti, ma la maggioranza (ed è quella che ci interessa) dei supereroi ha a che fare con la scienza. È vero che i supereroi della fantascienza devono vedersela, da qualche anno in particolare, con gli eroi della magia – un paio per tutti: Harry Potter e la saga di Tolkien – spesso ibridandosi in personaggi e storie in cui magia e scienza, soprannaturale e naturale, si intrecciano³, ma, per i miei intenti, è decisamente più significativo considerare i supereroi della fantascienza.

Non è difficile trovare motivazioni per questa scelta: i *comics* di fantascienza sono, come ogni comic, prima di tutto letteratura per immagini e, anche se la loro origine è più recente, la letteratura fantascientifica a cui si rifanno nacque nel clima positivista tipico dell'Ottocento fondato sull'incondizionata fiducia nel progresso dell'umanità. Artefice di tale progresso era considerata la scienza e la conseguente tecnologia.

* Lezioni tenuta a Firenze i giorni 7 e 19 novembre 2009, nell'Auditorium del Consiglio regionale della Toscana, nell'ambito dell'edizione 2009 di *Pianeta Galileo*.

L'Ottocento, il secolo del romanzo, è anche il secolo del romanzo di fantascienza, valga per tutti un solo esempio: quello di Jules Verne.

I progressi nel campo della medicina, dei trasporti, dell'industria ecc. colpiscono profondamente l'immaginazione dell'uomo comune che, almeno fino alla Grande Guerra, nutriva un'incrollabile fiducia nelle «magnifiche sorti e progressive»⁴ che il futuro riservava all'umanità. Si era compiuta così una sorta di proiezione e alienazione feuerbachiana: il potere della scienza e della tecnica era proiettato all'infinito e diventava un superpotere. Ora, i supereroi simboleggeranno sì il potere dell'uomo e della scienza sulla natura – e, mediatamente, anche sui vari *villains* di turno – non secondariamente essi rappresentano la distanza che corre fra l'uomo comune e la scienza, fra l'uomo medio e lo scienziato. Ne è prova il carattere spesso irrimediabilmente fantastico e a volte, volutamente o meno, ridicolo delle teorie scientifiche che circolano nei *comics*, teorie tanto sbagliate da non presentare spesso nessun elemento a cui appellarsi per preferirle a quelle più schiettamente occulte presenti nelle storie *fantasy*. Il supereroe è tale perché è inarrivabile dall'uomo comune, i suoi poteri sono sovraumani e dunque lo è anche il suo aver a che fare con la scienza e con la tecnica. In ciò il supereroe rappresenta una figura dell'immaginario comune: la spiegazione scientifica della realtà è accessibile solo agli scienziati – sono costoro che detengono in realtà ciò che più assomiglia ai superpoteri – e solo limitatamente o in forma molto semplificata all'uomo comune. Se questo è vero, deve essere notato che è singolare come l'impresa più democratica che esista, spesso anzi l'ultimo rifugio della democrazia, cioè l'impresa scientifica, appaia all'uomo appannaggio di una aristocratica setta esoterica.

La percezione comune della difficoltà della scienza, e dunque della distanza che ce ne separa, è motivo ispiratore di molte terzine dantesche di cui si compone una parodia disneyana dell'*Inferno*⁵ in cui Topolino-Dante e Pippo-Virgilio incontrano una vecchia tormentata da una schiera di ragazzini che così si qualifica:

[...] Io sono l'Aritmetica,

ebbi per padre il siculo Archimede
che mi nutrì con succo di radici.

Or son punita come qui si vede:

tutti i ragazzi a me son inimici,
qui nell'inferno con le mani pronte
fan la vendetta dei miei malefici.

Proprio in virtù del suo successo pratico, nessuno dubita che la scienza fornisca una spiegazione, anzi *la* spiegazione, della realtà. Carattere esoterico e capacità esplicativa mi sembrano i due elementi che caratterizzano l'opinione che l'uomo della strada ha della scienza e degli scienziati. Si tratta di due caratteri che hanno a che fare con ambiti diversi: il primo concerne i risultati conseguiti *dalla* scienza – ritenuti, appunto, comprensibili solo a pochi – il secondo attiene alla riflessione *sulla* scienza, a ciò che essa

intrinsecamente è. Ma, mentre nel primo caso si ammette esplicitamente un'ignoranza – ritenuta spesso insuperabile o almeno superabile solo a costo di grandi (super) fatiche, che richiedono un super cervello – nel secondo caso si ritiene di essere nel giusto: che cosa potrebbe altrimenti essere la scienza se non una spiegazione di cosa accade in natura? Ebbene, in quanto segue cercherò di accennare a qualcuno dei molti modi con cui è possibile mettere in dubbio i luoghi comuni relativi al modo di procedere della scienza; nel finale accennerò a una ragione che spiega il carattere esoterico che l'uomo comune attribuisce alla scienza. Lo scopo complessivo è quello di porre nella giusta luce la distanza che corre fra noi e la scienza.

Comincerò, prevedibilmente, da un fumetto.

2. L'assassino invisibile

Nel numero 20 del *Corriere dei Ragazzi* uscito il 14 maggio 1972 è narrata una storia intitolata *L'assassino invisibile*⁶. La storia è stata scritta da Mino Milani, celeberrimo scrittore per ragazzi (il quale si firma con lo pseudonimo di E. Ventura nella storia di cui ci occupiamo), e disegnata da Dino Battaglia, uno degli autori che hanno fatto la storia del fumetto italiano. La pagina iniziale ci trasporta nella grande Vienna della metà del XIX secolo, capitale di un vasto e secolare impero. In uno dei due reparti maternità dell'Ospedale Centrale di quella città si verifica da qualche tempo un preoccupante aumento della mortalità fra le donne che hanno appena partorito. Un medico che opera in quel reparto si propone allora di trovare la causa dei decessi e comincia a passare in rassegna le varie ipotesi che gli si presentano alla mente: può essere l'alimentazione? No, perché l'alimentazione è la stessa in entrambi i reparti maternità e solo in uno si verifica l'aumento della mortalità. Può essere un'influenza originata dalla terra o dal cielo? No, perché entrambi i reparti si trovano nello stesso luogo. Le visite del prete alle moribonde possono avere un influsso negativo prima sulla psiche e poi sul corpo delle pazienti? Si prova a nascondere alle pazienti le visite che il prete fa alle moribonde ma non si registra nessun cambiamento. Può essere l'imperizia delle ostetriche? Le cose non cambiano neppure dopo che le visite vengono effettuate sotto la sorveglianza dei medici o addirittura ridotte.

Un giorno un collega del nostro protagonista riceve una ferita da bisturi mentre effettua un'autopsia su un cadavere; cade gravemente ammalato, manifesta gli stessi sintomi clinici delle puerpere decedute e in poche ore muore. Il nostro eroe ha allora un'intuizione (la didascalia dice «una folgorazione»): la causa del decesso del collega è la stessa di quella delle pazienti cioè il contatto con una sostanza presente nei cadaveri che viene trasmessa alle pazienti dai medici in visita dopo aver effettuato autopsie. Il nostro impone ai suoi colleghi di disinfettarsi le mani con ipoclorito di calcio prima di visitare le pazienti e in poco tempo la mortalità del reparto diminuisce e si stabilizza sui livelli dell'altro. La differenza rilevante fra i due reparti era infatti che solo in uno di essi i medici effettuavano autopsie. I dati confermeranno che l'aumento della mortalità coincideva con l'inizio della pratica autoptica nel reparto.



Come si sarà immaginato la storia non è frutto della fantasia di Milani e Battaglia, si tratta di una storia vera: essa racconta la vicenda del medico ungherese Ignaz Semmelweis, del suo sfortunato collega Kolletscha e della scoperta dell'agente eziologico di una forma di setticemia: quella che all'epoca era chiamata febbre puerperale. Oggi a Budapest, la città natale di Semmelweis, c'è un monumento e una clinica dedicati alla memoria del 'medico delle madri', ma la gloria di Semmelweis è tutta postuma: la comunità medica dell'epoca lo accusò di screditarne il prestigio ed egli «ebbe una vita triste e infelice che si concluse presto» – scrive Milani – «abbandonato in un ospedale psichiatrico»⁷.

L'ostilità dei colleghi di Semmelweis verso le sue scoperte può essere spiegata a un livello superficiale come una difesa pregiudiziale di interessi corporativi ma occorre anche ricordare che all'epoca non era ancora nota l'esistenza dei microrganismi patogeni. Perfino Semmelweis attribuirà la causa della febbre puerperale a una generica sostanza cadaverica. Solo pochi anni più tardi Pasteur proverà la correttezza delle intuizioni di Semmelweis dimostrando l'esistenza dei microrganismi patogeni e con ciò dando inizio alla microbiologia e quindi a una rivoluzione nell'ambito delle pratiche terapeutiche. Nel numero del 16 marzo 1867 della rivista *The Lancet* (ancora oggi una delle più prestigiose riviste scientifiche mondiali) Lister userà per la prima volta il termine *antisepsi* nel descrivere procedure simili a quelle già adottate da Semmelweis [20]. È l'inizio della storia della medicina moderna, un inizio appassionante non solo perché

è l'inizio di una storia di per sé appassionante ma anche perché ha qualcosa da dirci su come funziona la scienza.

Consideriamo dunque il modo in cui Semmelweis ha risolto il caso⁸.

3. Il contesto della scoperta

Cominciamo con un po' di metafore. Semmelweis ha avuto una 'folgorazione', come abbiamo visto, un'intuizione. Metaforicamente si potrebbe dire che una lampadina si è accesa nella sua mente e che la luce gli ha permesso di vedere come stanno le cose. La metafora della lampadina indica la comparsa improvvisa di un'idea. È la metafora visiva privilegiata dai fumetti e dai cartoni animati per indicare che si è indicata la soluzione a un problema: Edì, l'aiutante di Archimede Pitagorico, per esempio, ha per testa una lampadina. In verità si tratta di una metafora universale diffusa in epoche e culture diverse, come mostrano le statuette e le raffigurazioni orientali di Buddha che riproducono una fiammella sulla sommità dei capelli dell'Illuminato, appunto, appellativo che è la traduzione dell'originale *Buddha*. La metafora che sta nell'espressione "vedere la verità" ha senso solo se correlata a quella della luce poiché si vede qualcosa solo in condizioni di illuminazione. Ancora più lontano ci porta l'etimologia della parola "idea" che va fatta risalire, nientedimeno, a un verbo greco che significa ... "vedere". L'"Idea" è allora "ciò che è stato visto". In latino, vedere si dice *tuor*, da cui "intuizione", "intuito". Dire che si hanno delle idee o delle intuizioni è dunque la stessa cosa. Il termine "folgorazione" usato da Milani nel fumetto è dunque perfettamente pertinente.

Ora, il punto è che le idee si 'fanno vedere' solo quando pare a loro; non casualmente si dice «mi è venuta un'idea». La differenza fra l'intuizione e il ragionamento è che nel secondo caso la procedura che mettiamo in atto nel ragionare è sotto il nostro controllo: in un numero finito di passi arriviamo a una soluzione o alla dimostrazione di un teorema, per esempio. Con l'intuizione non è così.

Nel 1865 il chimico tedesco Kekulé stava cercando la formula di struttura del benzene. Era noto che una molecola di benzene era composta da sei atomi di carbonio e da sei atomi di idrogeno ma non era chiaro come fossero disposti nello spazio. Durante una pausa dal suo lavoro, Kekulé si addormentò in poltrona davanti al caminetto acceso e sognò degli anelli che danzavano nelle fiamme. Improvvisamente si svegliò perché aveva trovato – aveva *visto* – la soluzione: la molecola del benzene aveva la forma di un esagono.

Il modo in cui avvengono le scoperte è dunque spesso incontrollabile, apparentemente casuale, spontaneo. Impossibile individuare una procedura per arrivare con certezza alla soluzione di un problema: se avessimo una tale procedura non avremmo più nessun problema! Avremmo la cura per il cancro, avremmo risolto il problema energetico, sapremmo come arrivare a una teoria del tutto. Ma non è così, e dobbiamo faticosamente spremere i nostri cervelli finché non secernono spontaneamente qualche buona idea. Già, perché non è detto che tutte le idee che ci vengono in sogno o in veglia, siano buone. Un volta che le abbiamo avute dobbiamo verificare se funzionano:

è con questo scopo che Semmelweis ha imposto ai suoi colleghi la disinfezione delle mani, ed è per lo stesso scopo che Kekulé una volta sveglio si è messo alla scrivania a scrivere formule e a disegnare esagoni.

La validità dell'intuizione di Semmelweis è confermata dal fatto che dopo l'adozione della disinfezione la mortalità del suo reparto tornò in poco tempo a livelli normali (per l'epoca, ovviamente: nel periodo 1998-2002 in Italia la percentuale era intorno allo 0,003): dall'11,4% del 1846 scese all'1,27% del 1848. Inoltre, per dimostrare l'efficacia batteriostatica o battericida di certe sostanze non è per fortuna necessario osservare se le persone si ammalano oppure no, è una pratica comune in qualunque laboratorio di analisi coltivare colonie batteriche in apposite piastre di vetro per effettuare antibiogrammi.

Quando ci si occupa del modo in cui si arriva ad effettuare una scoperta, ci si occupa di quello che nella filosofia della scienza si chiama *contesto della scoperta*. Quando invece si studiano le procedure che si debbono mettere in atto per verificare la bontà delle intuizioni che abbiamo avuto si ha a che fare con il *contesto della giustificazione*. Sul contesto della scoperta non c'è molto da dire, non sappiamo come nascono le idee, non sappiamo in cosa consiste quel lavoro inconscio della mente che a un certo punto e improvvisamente si manifesta in un'intuizione. Però sappiamo molto sui modi con i quali possiamo controllare la bontà delle idee che abbiamo: solo il contesto della giustificazione è oggetto della filosofia della scienza, mentre quello della scoperta dovrebbe essere appannaggio della psicologia.

Un esempio dei problemi che devono essere affrontati quando si a che fare con il contesto della scoperta è ricavabile riflettendo anche sulla nostra storia a fumetti. Semmelweis elabora una serie di ipotesi sulle cause del fenomeno che mette alla prova una ad una; è necessario farlo poiché se ne verificassimo più di una contemporaneamente non potremmo sapere quale causa sia responsabile del verificarsi dell'evento che stiamo studiando. Se Semmelweis avesse sospeso contemporaneamente le visite del prete e quelle delle ostetriche e la mortalità fosse diminuita non avrebbe potuto sapere quale delle due fosse la causa dei decessi. Ma, attenzione, con tale procedura Semmelweis avrebbe individuato la causa dell'aumento della mortalità materna solo se la sua lista di ipotesi da verificare una a una fosse stata completa. Di fatto, finché il caso non gliela presentò, l'ipotesi dell'infezione da cadavere non era stata neppure presa in considerazione. Ciò significa che non possiamo mai essere certi della completezza delle nostre ipotesi: la causa di un fenomeno potrebbe sfuggirci non solo per insufficiente perspicacia ma anche perché non disponiamo di una teoria che ci permette di ipotizzarla (è il caso degli scettici colleghi di Semmelweis).

Poniamoci adesso un altro compito caratteristico della filosofia della scienza: esaminiamo la struttura logica del contesto della giustificazione in cui opera Semmelweis. Egli fa l'ipotesi I secondo la quale «le visite del prete sono la causa dei decessi». Se I è vera allora dovremmo osservare una diminuzione dei decessi, cioè l'enunciato O «i decessi diminuiscono» sarà vero. Poiché invece O è falso anche I è falsa. Semmelweis si è

avvalso in questa deduzione del *modus tollens*, esemplificato anche dalla deduzione; «se piove allora le strade sono bagnate, ma le strade non sono bagnate quindi non piove».

Scartate le varie ipotesi con la modalità appena descritta, Semmelweis formula quella che si rivelerà corretta: se I' «la sostanza cadaverica provoca infezione» è vera lo sarà anche «evitando il contatto con la sostanza cadaverica non ci sarà infezione». Quindi mette in atto pratiche antisettiche e osserva che O «i decessi diminuiscono» è vera. In questo caso la struttura del ragionamento non è però più quella, valida, del *modus tollens* ma è simile a «se piove le strade sono bagnate, ma le strade sono bagnate dunque piove» che è falsa perché le strade potrebbero essere bagnate per altri motivi. Questa deduzione errata si chiama “fallacia dell’affermazione del conseguente”. L’osservazione O della diminuzione dei decessi non prova in via definitiva la verità dell’ipotesi I', di fatto avremmo potuto osservare O anche se i medici non avessero toccato cadaveri ma una sostanza putrida di altro genere. Benché non si possa allora affermare che l’osservazione di O dimostra in via definitiva I' si può però pensare che abbia ricevuto un certo grado di conferma, conferma che invece I non ha ricevuto per nulla. Con I si può cercare allora di stabilire un progetto di ricerca che porti I' a essere ulteriormente confermata.

La distinzione fra contesto della scoperta e contesto della giustificazione risale al neoempirismo, un movimento culturale che ha sostenuto tesi alcune delle quali si sono dimostrate insostenibili ma che ha fondato la contemporanea filosofia della scienza. Per quanto superate possano sembrare oggi alcune posizioni dei neoempiristi, se non ci fosse stato il neoempirismo non ci sarebbe oggi, semplicemente, la filosofia della scienza. Il neoempirismo (o neopositivismo, o positivismo logico o neopositivismo) fu un movimento filosofico sorto intorno agli anni Venti del secolo scorso a Vienna e a Berlino. Con l'avvento del Nazismo quasi tutti i suoi componenti emigrarono soprattutto negli Stati Uniti d'America; questo il motivo, unito al fatto che gli Stati Uniti sono stati a lungo all'avanguardia nella ricerca scientifica e tecnica, che spiega perché la filosofia della scienza è maturata prevalentemente in area anglofona. Fra gli esponenti principali del movimento ricordo Carnap, Schlick, Reichenbach, Hempel, Hahn, Neurath, Feigl. Nel dopoguerra il neoempirismo ha conosciuto una serie di critiche e revisioni che ne hanno determinato il tramonto. Fra coloro che maggiormente hanno contribuito alla crisi del neoempirismo ricordo Popper e Kuhn.

Una delle tesi fondamentali dei neopositivisti era quella secondo la quale un enunciato può essere considerato sensato solo se esiste un metodo per verificarlo, non importa che sia verificato ma che sia possibile verificarlo. La credenza di Wallace e Gromit - due personaggi realizzati in plastilina protagonisti di una serie di cortometraggi e di un film⁹ - secondo la quale la Luna è fatta di formaggio è perfettamente sensata poiché c'è un metodo per verificare se è vera o falsa. Il criterio della verifica distingue frasi sensate da quelle che non lo sono, come molte frasi della metafisica e della teologia. La frase «Dio è onnipotente» per esempio non è verificabile. La metafisica era, per i neopositivisti, espressione di sentimenti ed i metafisici erano, secondo un'espressione di Carnap, «musicisti senza talento» [2]. Un enunciato che appartiene legittimamente

alla scienza è un enunciato che può essere vero o falso ma che comunque è verificabile; una volta che è stato formulato l'enunciato potrà essere verificato, non importa se dopo un momento o dopo anni – questo dipende dai mezzi di verifica a disposizione, come per esempio la disponibilità di strumenti adatti. Ma basta che sia stato verificato una sola volta stabilire che è vero? E se occorrono più verifiche, quante sono necessarie? Per rispondere alla domanda dobbiamo considerare il problema dell'induzione.

4. Il problema dell'induzione

Comunemente si afferma che la scienza moderna è caratterizzata dal metodo sperimentale. Innegabile. Quando si cerca, però, di precisare in cosa tale metodo consista, ci si sente raccontare più o meno la (solita) storia seguente: uno scienziato elabora una teoria e poi procede a effettuare esperimenti per verificarla. Se una teoria ha superato un certo numero di verifiche sperimentali è, appunto, vera. Questo metodo funziona, si conclude, in quanto sono i fatti stessi a decidere della verità di una teoria. Ebbene non c'è una sola fra le affermazioni che ho appena riportato che sia pacifica, universalmente accettata da tutti coloro che si occupano di metodo scientifico. In primo luogo non si può dire di aver verificato una teoria basandosi su osservazioni, perché il numero delle osservazioni è necessariamente limitato e le teorie o le leggi scientifiche hanno la forma dell'universalità.

In una vecchia storia – sempre a fumetti – dell'Uomo Mascherato un'astronave aliena approda sulla Terra con lo scopo di verificare se gli abitanti possono essere sconfitti e la Terra colonizzata [7]. Una pattuglia di alieni scende dall'astronave e si imbatte nell'Uomo Mascherato («uno vale l'altro», aveva affermato il comandante della nave istruendo la pattuglia «gli uomini sono tutti uguali») e lo sottopone a ogni genere di prove che egli ovviamente supera fra lo stupore degli alieni. Tornati sull'astronave, costoro riferiscono al comandante che gli uomini sono imbattibili e il progetto di invasione della Terra viene abbandonato. È evidente che la Terra si è salvata per un soffio, l'equipaggio alieno era epistemologicamente così sprovveduto da non essersi mai posto il problema cosiddetto dell'induzione: un enunciato universale non è mai completamente giustificato dalle osservazioni perché queste, necessariamente, saranno in numero limitato. Pertanto invece che di verificabilità di una teoria si preferisce parlare di confermabilità. Poiché la confermabilità ammette gradi diversi, nel tentare di giustificare una teoria occorre introdurre anche il calcolo della probabilità.

In una striscia a fumetti della serie olandese *Padre e Figlio* [31] una ragazza chiede ad un ragazzo: «E così hai paura delle donne, eh?». «Chi, io? Ma come ti viene in mente? Chi lo dice?» risponde il ragazzo. «Elly. E Thea, e Yvonne, e Suzy, e Paula, e Ingrid...» replica la ragazza. «E che significa? Io ho paura solo di Elly, Thea, Yvonne, Suzy, Paula, e Ingrid. E di nessun'altra» precisa il ragazzo con una battuta. Il fatto che il ragazzo abbia paura di 'sei' donne, non autorizza a concludere che egli tema 'tutte' le donne. Sei donne, infatti, non sono tutte le donne.

L'esempio che però è più utilizzato nella letteratura sull'argomento non riguarda né i personaggi dei fumetti né le donne, ma i corvi. Ciò perché nel 1945 Hempel si servì

dell'enunciato «tutti i corvi sono neri» per elaborare un paradosso dell'induzione. Egli notò che siccome l'enunciato «tutti i corvi sono neri» è logicamente equivalente a «tutte le cose che non sono nere non sono corvi» allora l'osservazione di un tramonto rosso conferma la teoria «tutti i corvi sono neri». Il che è, evidentemente, paradossale.

L'enunciato «tutti i corvi sono neri» non è mai completamente giustificato dalle osservazioni, di fatto tutti i corvi osservati fino ad oggi sono risultati neri ma un corvo osservato domani può essere bianco. Questo problema è tecnicamente noto come problema dell'induzione, essendo l'induzione quella procedura con la quale ricaviamo un enunciato generale a partire dall'osservazione di un insieme finito di casi particolari.

Come Hume ha osservato tre secoli fa, non è neppure possibile appellarsi a una legge che affermi l'uniformità della natura per la quale non si vede perché la natura, che finora ha generato corvi neri, dovrebbe cambiare idea. Per giustificare tale legge, infatti, dovremmo citare ancora il fatto che tutti i corvi osservati sono neri, esponendoci così alla stessa obiezione. Agli alieni che si imbattono nell'Uomo Mascherato basta saggiare i poteri di costui per ritenere che valga la legge generale «tutti gli uomini sono uguali». Ma se gli alieni hanno formulato tale legge sulla base dell'osservazione, allora hanno dato per scontato ciò che deve essere dimostrato. D'altra parte, se ci si rifugia nell'idea che l'osservazione di un certo numero di corvi neri non rende certamente vera ma solo probabilmente vera la teoria «tutti i corvi sono neri» allora, per il paradosso di Hempel, l'osservazione di un tramonto rosso aumenta la probabilità che l'enunciato «tutti i corvi sono neri» sia vero.

Concludo questo paragrafo ricordando ciò che una volta il premio Nobel per la fisica Feynman ha detto, con lo spirito che gli era consueto, ai suoi studenti a proposito del metodo usato dagli scienziati per formulare una nuova legge:

Per prima cosa tiriamo a indovinare; poi calcoliamo le conseguenze della nostra intuizione per vedere quali circostanze si verificherebbero se la legge che abbiamo immaginato fosse giusta; quindi confrontiamo i risultati dei nostri calcoli con la natura, con gli esperimenti, con l'esperienza, con i dati osservativi. Se non è in accordo con gli esperimenti la legge è sbagliata. Ma se è in accordo con gli esperimenti? È giusta? No: semplicemente non si è potuto dimostrare che è sbagliata. È sempre possibile che in futuro qualche esperimento dimostri che è sbagliata. Quindi una teoria è temporaneamente giusta; non possiamo essere certi se una teoria è giusta, ma possiamo essere certi se è sbagliata.

Feynman ha sintetizzato in modo efficace il punto di vista del falsificazionismo sostenuto soprattutto da Popper [27], secondo il quale le teorie scientifiche sarebbero congetture utilizzate finché qualcuno non ne dimostra la falsità. Lo sforzo degli sperimentatori dovrebbe rivolgersi non a verificare una teoria ma piuttosto a falsificarla.

5. Esperimento e osservazione dei fatti

I principi fondamentali (geocentrismo, tendenza alla quiete, distinzione fra fisica terrestre e fisica celeste) su cui si fondava la scienza antica erano sostenuti dall'osservazione.

Non è dunque del tutto corretto affermare, come a volte si fa, che la scienza moderna si caratterizza per l'osservazione. È il tipo di osservazione che fa la differenza: l'osservazione che conduce a sostenere i principi della fisica aristotelica è l'esperienza quotidiana, mentre l'osservazione praticata dalla scienza moderna è la sperimentazione.

A differenza dell'esperienza quotidiana, che avviene in modo casuale, l'*esperimento* è invece un'esperienza controllata. Esso è caratterizzato cioè dalla costruzione di una situazione artificiale nella quale lo sperimentatore isola gli aspetti del fenomeno che ritiene determinanti da quelli che ritiene estranei o accessori; analogamente Semmelweis aveva preso in considerazione le possibili cause della mortalità solo una per volta. Non si tratta dunque di una semplice osservazione, ma, come ha scritto Galileo, di una domanda che poniamo alla natura. È necessario allora costruire strumenti e meccanismi in grado di riprodurre e di misurare il fenomeno oggetto di studio. Ad esempio, l'esperimento con il quale si dimostra il principio, stabilito da Galileo, secondo il quale i corpi cadono con la medesima velocità indipendentemente dal loro peso, viene realizzato lasciando cadere corpi di peso diverso in un contenitore in cui sia stato fatto il vuoto, la cosiddetta bottiglia di Newton.

Se fosse l'esperienza quotidiana alla base della scienza, allora la scienza contemporanea sarebbe ancora quella aristotelica. I dati dell'esperienza comune, infatti, depongono a favore di una fisica di tipo aristotelico: sembra a tutti molto *naturale* che un corpo pesante cada a terra; ugualmente troviamo naturale che la fiamma si diriga verso l'alto ed è per questo motivo che posiamo le pentole sopra il fuoco. Troviamo altrettanto naturale che, se tutte le cose fossero al loro posto, non ci sarebbe movimento: per la fisica aristotelica e per quella del senso comune non c'è alcun bisogno di spiegare perché i corpi stanno in quiete, ma c'è invece bisogno di spiegare perché si muovono. Come un carro si muove solo se viene spinto o tirato e continua a muoversi solo fintanto che gli viene applicata una forza, così, per Aristotele, ogni corpo è immobile se non disturbato. La quiete è la condizione naturale dei corpi, il moto si verifica solo se c'è un motore che lo causa e lo mantiene; il moto non persiste da solo, come invece accade per la quiete.

L'esperimento suppone una ipotesi su come funziona la natura e quindi su come debbano andare le cose nel corso dell'esperimento stesso. Nel caso della bottiglia di Newton: tutti i corpi cadono con velocità costante a meno che non vi siano forze, come l'attrito dell'aria, che vi si oppongano. Senza un'ipotesi preliminare (che ci permette di formulare la domanda, di eliminare gli elementi ritenuti non essenziali, di costruire gli strumenti ecc.) non è possibile progettare e quindi effettuare nessun esperimento. È chiaro che la formulazione di un'ipotesi, la costruzione di un esperimento e la valutazione dei risultati suppongono l'uso della logica e della ragione. L'espressione "metodo sperimentale" usata per caratterizzare il procedere della scienza, non deve dunque trarre in inganno e far credere che la ragione non trovi alcun posto nella procedura sperimentale. Piuttosto, il termine "sperimentale" pone l'accento sul fatto che il metodo scientifico si oppone al procedere caratteristico del pensiero medievale, il quale dava una netta prevalenza alla ragione speculativa.

Nel capitolo XXXVII dei *Promessi sposi* Manzoni fornisce una divertente caricatura del modo tutto deduttivo e astratto di argomentare, tipico della scienza medievale. Durante la peste di Milano, Don Ferrante, seguace di Aristotele, cerca di mostrare per via logica che il morbo non esiste, salvo a morirne di lì a poco:

In rerum natura non ci son che due generi di cose: sostanze e accidenti; e se io provo che il contagio non può esser né l'uno né l'altro, avrò provato che non esiste, che è una chimera. [...] Le sostanze sono, o spirituali, o materiali. Che il contagio sia sostanza spirituale, è uno sproposito che nessuno vorrebbe sostenere; [...]. Le sostanze materiali sono, o semplici, o composte. Ora, sostanza semplice il contagio non è: [...]. Sostanza composta neppure; [...] Riman da vedere se possa essere accidente. Peggio che peggio. [...].

Benché debbano essere distinti dall'esperienza quotidiana, gli esperimenti della scienza forniscono pur sempre la base osservativa per l'elaborazione e la conferma delle teorie. Le teorie devono passare un esame di fronte al tribunale dei fatti osservati. Ma cosa sono i *fatti* l'osservazione dei quali dovrebbe decidere della *verità* di una teoria? Sono fatti osservati i quark? I buchi neri? I neutrini?

Per rendere evidente il problema serviamoci di un esperimento mentale escogitato da Hanson [12]. Per decidere dell'annosa questione se sia il Sole o la Terra al centro del sistema solare Galileo e Tolomeo decidono di trovarsi poco prima dell'alba ad osservare verso est cosa succede. Appena il Sole comincia a far capolino dietro la collina Tolomeo esclama: «Avevo ragione io! Il Sole si alza sopra l'orizzonte!». «Eh no! È l'orizzonte che si abbassa rispetto al Sole!» ribatte Galileo.

I fatti che Tolomeo e Galileo osservano sono gli stessi ma le teorie che sostengono sono diverse. Lo stesso fatto (il moto relativo del Sole e dell'orizzonte) è compatibile con teorie diverse. Ora, se uno stesso fatto è compatibile con teorie diverse, come si può sostenere che una teoria descrive ed è verificata dai fatti? Tecnicamente tale questione è nota come 'sottodeterminazione' delle teorie rispetto alle osservazioni: le osservazioni possono essere cioè insufficienti per decidere a favore di una teoria piuttosto che di un'altra.

Galileo e Tolomeo non osservano i fatti ma osservano i fatti in *un certo modo*. Hanson ha scritto che i fatti sono *carichi di teoria* (*theory laden*): non ci sono fatti puri, oggettivi, indipendenti dalla teoria con la quale li osserviamo. Questo è uno dei grandi temi della filosofia della scienza contemporanea: il rapporto tra i dati osservativi e le teorie. Ma la questione è presente anche nella psicologia; il problema, dunque, si pone non solo per le comunità di scienziati che osservano i fatti e i risultati delle sperimentazioni, ma anche per i singoli individui, per ciascuno di noi. Le figure ambigue in cui è possibile osservare due figure distinte a seconda del punto di vista o delle aspettative sono numerose e facilmente reperibili anche nella letteratura non specializzata. Il nostro vedere non è mai una registrazione passiva, simile a quella di una fotocamera, ma è sempre un *vedere come*, un interpretare. Anche l'arte utilizza questa caratteristica della nostra percezione quando, per esempio, disponendo opportunamente le linee di

un disegno su un piano bidimensionale, genera l'illusione della tridimensionalità: è la tecnica della prospettiva.

Dalla rassegna delle questioni che abbiamo appena considerato si potrebbe pensare che non sia possibile scegliere nessuna teoria. Questa situazione comporta due conseguenze. In primo luogo, è un dato acquisito che nella scienza non ci sono verità definitive ed eterne – l'idea che esista la Verità con la V maiuscola è un'idea metafisica che non trova più spazio nella scienza. In secondo luogo, l'impossibilità di fare completo affidamento sull'induzione, sulla verifica e sull'osservazione costringe la comunità scientifica ad utilizzare molti criteri diversi che convergono verso l'adozione di una teoria piuttosto che un'altra. Tanto per non restare nel vago, ne cito qualcuno: fra due teorie in competizione si tende ad adottare quella più semplice; quella che implica meno entità; quella che spiega il maggior numero di eventi; quella che meglio si integra con l'intero corpus del sapere scientifico¹⁰.

6. Cosa significa “spiegare”?

Potremmo riassumere le questioni di cui ci siamo fin qui occupati in un'unica domanda: quand'è che saremmo disposti ad accettare una teoria? Credo che la risposta più universalmente condivisa potrebbe essere: quando la teoria spiega ciò che deve essere spiegato. Cosa significa, però, “spiegare”?

Il dibattito sulla spiegazione ha un punto di riferimento ben preciso e imprescindibile rappresentato dal modello cosiddetto nomologico-deduttivo proposto nel 1948 da Hempel e Oppenheim¹¹. Secondo tale modello un evento E è spiegato quando è stato dedotto da premesse che esprimono le condizioni iniziali C e almeno una legge universale L. Per esempio, se vogliamo spiegare la dilatazione di una certa quantità di mercurio in un termometro, fra le condizioni iniziali ci saranno la temperatura iniziale del mercurio, dell'ampolla di vetro, di una bacinella d'acqua calda e in più ci sarà la legge per la quale i metalli si dilatano quando riscaldati. La deduzione avverrà come segue.

- C. Un'ampolla di vetro contenente mercurio alla temperatura di 20⁰ gradi centigradi è stata posta in una bacinella d'acqua calda alla temperatura di 50⁰, il mercurio è un metallo;
- L. La seguente legge naturale è valida: tutti i metalli si dilatano se riscaldati.

Quindi

- E. Il mercurio nell'ampolla si è dilatato.

Una struttura analoga a quella della deduzione precedente è reperibile nel caso Semmelweis. Nello smascherare l'«assassino invisibile» Semmelweis ha fornito una spiegazione del perché nel periodo 1844-1848 i casi di setticemia sono aumentati. La deduzione è la seguente:

- I seguenti fatti sono veri: è stata avviata una ricerca in anatomia patologica; gli stessi medici che eseguivano le autopsie visitavano le puerpere; non venivano praticate misure antisettiche;

- Alcune leggi naturali relative alla riproduzione dei microorganismi sono valide, per esempio, relative alla temperatura, all'umidità, alla presenza o assenza di ossigeno ecc;
- L'asserzione con cui si spiega l'aumento dei casi di setticemia è deducibile dalla congiunzione delle condizioni enunciate ai punti precedenti.

Tutto bene? No. Primo problema: quello dell'induzione, lo stesso problema che abbiamo avuto con i corvi neri. Come facciamo a sapere che tutti i metalli, se riscaldati, si espandono? Solo quelli osservati fino ad oggi si espandono. Vogliamo precisare allora che tutti i metalli, se riscaldati, si dilatano perché c'è una legge di natura che afferma che tutti i metalli, se riscaldati, si dilatano? Ma tale legge deriva sempre dal fatto che i metalli osservati fino ad oggi si espandono. Dunque, non siamo nelle condizioni di fare previsioni sul futuro o affermazioni generali, anzi siamo di fronte a un evidente circolo vizioso.

Secondo problema. Ricorriamo ancora alla letteratura disegnata. In una storia di Tex, il cattivo il turno, detto Il coyote nero¹², ha soggiogato una tribù di indiani creduloni con una serie di trucchi magici. Per esempio, egli scompare dalla vista della tribù davanti all'ingresso di una grotta a forma di testa di coyote; la sparizione dell'imbrogliante è sempre preceduta da gesti magici e da grandi nuvole di fumo. Naturalmente il fumo – prodotto da una polvere adatta gettata, durante il magico gesticolare, su bracieri ardenti – nasconde il ciarlatano quando si avvale di una botola segreta dissimulata all'ingresso della grotta. Ora, gli indiani potrebbero motivare la loro credenza nei poteri magici del personaggio con la deduzione seguente, che sembrerebbe essere una spiegazione genuina della sparizione del mago:

- Tutte le volte che un mago recita gesti e formule magiche per scomparire, egli scompare in una nuvola di fumo;
- Un mago ha recitato gesti e formule magiche per scomparire all'ingresso della grotta;
- Il mago è scomparso in una nuvola di fumo.

Questa evidentemente non è una spiegazione scientifica, ma come distinguerla da una genuina spiegazione scientifica? La pseudo spiegazione in questione soddisfa tutte le condizioni del modello nomologico deduttivo: ci sono le condizioni iniziali (Il coyote nero che compie gesti magici all'ingresso di una caverna) e c'è una legge generale (tutte le volte che il mago recita i gesti adatti scompare), ovviamente indotta dalle osservazioni delle passate sparizioni. Per distinguere una spiegazione genuina da una pseudo spiegazione è stato utilizzato o il concetto di rilevanza, oppure quello della distinzione fra generalizzazioni accidentali e leggi.

Nel primo caso, possiamo dire di avere che fare con una pseudo spiegazione perché i gesti e le formule magiche sono irrilevanti per il verificarsi del fenomeno. Nel caso in questione diciamo che i gesti magici non sono rilevanti perché sappiamo che la vera

causa del fenomeno è la reazione chimica della polvere e la botola nascosta¹³. Il problema però è che non sempre potremmo sapere che cosa è rilevante per la spiegazione del verificarsi di un fenomeno e quindi non potremmo essere in grado di riconoscere una vera spiegazione da una pseudo spiegazione.

Seconda possibilità: si può capire ciò che distingue una legge da una generalizzazione accidentale immaginando cosa accadrebbe se i fatti fossero diversi da come sono e quindi domandoci se l'enunciato controfattuale che otteniamo variando i fatti è vero. Nel nostro caso, se «tutte le volte che un mago recita gesti e formule magiche per scomparire scompare in una nuvola di fumo» fosse una legge, allora «se i maghi non recitano formule magiche appropriate non scompaiono» sarebbe falsa (come sarebbe evidente alla tribù se non ci fosse la cortina fumogena), mentre «se i metalli non sono sottoposti a calore non si dilatano» è vera. Il punto, però, analogamente a quanto accade per la questione della rilevanza, è che per sapere se un enunciato è una generalizzazione accidentale o una legge, dovremmo avere già un'idea della legge che governa il fenomeno.

Il modello nomologico-deduttivo ci costringe ad affrontare un ulteriore problema. Supponiamo che l'arrivo di un certo tipo di fronte atmosferico di bassa pressione sia sempre seguito da una tempesta, e che certe letture di un barometro siano un segno certo dell'arrivo di tale tipo di fronte. Dunque, la lettura di bassa pressione del barometro è sempre seguita da una tempesta. Ma la tempesta non può essere spiegata dalla lettura del barometro. Per ovviare a tale problema si è cercato di far giocare il concetto di causa: la lettura del barometro non è una spiegazione perché non *causa* la tempesta. Il ricorso al concetto di causa potrebbe anche permetterci di affrontare la questione della rilevanza: i fatti rilevanti sono quelli che veramente causano il fenomeno: è la botola e non sono i gesti magici a causare la scomparsa del mago. Modificare la spiegazione introducendo la causa¹⁴ non è tuttavia un'operazione gratuita: essa eredita tutta una serie di problemi che non è qui possibile neppure elencare, ma che sono oggetto di discussione da molto tempo¹⁵.

7. Perché (a volte) la scienza sembra così difficile?

Ho detto, cominciando questo intervento, che l'uomo comune considera lo scienziato dotato di facoltà inarrivabili all'uomo comune; vorrei concludere riprendendo questo tema. Gran parte di questa opinione deriva semplicemente dall'ignorare cosa sia la scienza, il che equivale a dire che l'opinione comune sulla scienza deriva dal cosiddetto analfabetismo scientifico. Le ragioni di tale analfabetismo sono varie e complesse, e richiederebbero un esame delle politiche educative e scolastiche, degli indirizzi dell'industria culturale e dei mass media, dei caratteri della cultura nazionale (nel caso del nostro paese tradizionalmente di tipo storico, letterario, umanistico e giuridico) [28]. L'analfabetismo scientifico esiste, innegabilmente; e in Italia il problema è particolarmente grave.

Affermato con decisione tutto ciò, vorrei però concentrarmi su una questione di tipo antropologico o psicologico: l'ignoranza scientifica dell'uomo comune dipende

dalla distanza che c'è fra le teorie scientifiche e il modo con cui l'uomo – inteso stavolta non in senso sociologico, come uomo comune, ma antropologico, appunto, come *homo sapiens* – vede e percepisce spontaneamente il mondo, in base alle facoltà percettive di cui la natura l'ha dotato. La formulazione forse più efficace (e comunque la mia preferita) della distanza fra l'immagine scientifica del mondo e quella dell'esperienza comune è stata espressa da Eddington nel 1929 quando, introducendo la sua opera *The Nature of the Physical World*, dichiarava di averla scritta seduto ai suoi due tavoli:

Uno di essi mi è familiare fin dall'infanzia [...]. Ha estensione; è relativamente costante; è colorato; soprattutto, è solido [...] L'altro [...] è soprattutto vuoto. Disseminate in questo vuoto ci sono numerose cariche elettriche che viaggiano a gran velocità; ma la loro massa complessiva è meno di un milionesimo della massa del tavolo medesimo [...] Non ho bisogno di dirvi che la scienza moderna mi ha assicurato [...] che il mio secondo tavolo, quello scientifico, è il solo che esista realmente [8, pp. IX-XII].

Le ragioni sociali e culturali del senso di smarrimento che l'uomo comune prova di fronte a certe teorie scientifiche sono ovviamente variabili; pertanto la distanza fra l'uomo comune e la scienza può essere più o meno ampia a seconda delle condizioni dell'istruzione individuale. A queste ragioni, però, ne vanno sommate altre che non dipendono dall'istruzione e dall'ambiente sociale in cui vive l'individuo: la distanza tra scienza e uomo comune dipende anche da caratteri psico-antropologici. Tenterò di chiarire questo punto immaginando, in modo un po' semplificato, tre punti di vista o atteggiamenti: quello aristotelico, quello positivista e quello einsteiniano. Si tratta, come si capisce, di una classificazione che ripercorre tre tappe fondamentali della storia del pensiero scientifico: rispettivamente quella antica e medievale rappresentata da Aristotele «maestro di color che sanno», quella moderna ottocentesca della quale prendo a simbolo il positivismo, e quella novecentesca contemporanea della quale prendo come sinecdoche il termine «einsteiniano».

Ciò che mi preme sottolineare è, però, che i primi due atteggiamenti non sono estinti, ma convivono oggi tutti insieme al terzo. L'atteggiamento aristotelico è quello dell'uomo comune, di colui che non ha nessuna conoscenza scientifica e che per conoscere la realtà usa la dotazione di strumenti fornitagli dalla natura, i cinque sensi e qualche semplice struttura razionale della logica classica. L'uomo che adotta un atteggiamento positivista ovviamente presenta tutte le conoscenze e capacità percettive dell'uomo comune ma in più ha una cultura scientifica media, di solito appresa a scuola. L'atteggiamento einsteiniano, infine, è quello di colui che ha accesso alla scienza ad un livello abbastanza elevato; sicuramente hanno un tale atteggiamento gli scienziati ma anche chi abbia una cultura scientifica aggiornata (il che, dunque, non vuol dire ottocentesca). Per saggiare il valore esplicativo di questa classificazione, proviamo a caratterizzarla meglio. A seconda delle affermazioni seguenti che condividerà, il mio lettore può utilizzare quanto segue come test per scoprire a quale epoca appartiene il punto di vista da lui adottato.

Colui il quale condivide il punto di vista aristotelico crede, per esempio, che: poichè, se smettiamo di pedalare la bicicletta si ferma, allora in natura un oggetto si muove fintanto che dura la forza che lo fa muovere. Poichè una palla di piombo raggiunge il suolo prima di una piuma, anche quando entrambe siano fatte cadere dalla stessa altezza, allora in natura i corpi più pesanti cadono più velocemente. Un oggetto posto su un corpo in movimento, se non vi è fissato, tende a cadere in direzione contraria al senso del movimento. In natura tutti i corpi hanno grandezze loro proprie indipendentemente dal fatto che siano misurate o no. Tutti i corpi che ruotano su se stessi presentano la stessa faccia dopo ogni giro. Se anche il mio lettore condivide tali affermazioni allora è un aristotelico. Che c'è di male? Approfondiamo le conseguenze di tali affermazioni e lo capiremo.

«In natura un oggetto si muove fintanto che dura la forza che lo fa muovere» significa che tutti i corpi tendono naturalmente a stare in quiete e anche che le leggi naturali che valgono sulla Terra non valgono nel resto dell'universo, dal momento che i corpi celesti, come il Sole, ruotano incessantemente. Falso! Galilei e Newton hanno mostrato che tutti i corpi, in Terra e in cielo, perseverano nel loro stato di quiete o di movimento a meno che una forza non intervenga a cambiarne lo stato (principio d'inerzia).

Non va meglio neppure per le altre credenze che abbiamo citato. Infatti: la piuma giunge a toccare il suolo dopo la palla di piombo perché offre più resistenza all'aria, in condizioni di vuoto entrambe toccherebbero terra nel medesimo istante. La velocità di caduta è una funzione del tempo e degli spazi percorsi, non della pesantezza. Si può dare una descrizione matematica della caduta (in termini di spazi e tempi) senza ricorrere a concetti come pesantezza e leggerezza. La pesantezza e la leggerezza non sono proprietà intrinseche dei corpi ma dipendono dalla forza di gravità con cui la Terra li attrae.

«Un oggetto posto su un corpo in movimento, se non vi è fissato, tende a cadere». Non è forse vero? Non è per questo che leghiamo le valigie sul portapacchi della macchina? Ma se fosse vero ne conseguirebbe che la Terra è immobile, altrimenti gli oggetti che cadono dall'alto di una torre, per esempio, toccherebbero il suolo spostati in direzione contraria a quella del movimento della Terra, cioè cadrebbero spostati verso ovest¹⁶. In una striscia del fumetto americano *Beetle Bailey*¹⁷ due reclute marciano in cima a una collina sotto il peso degli zaini. Una delle due dice all'altra: «Se la Terra gira così velocemente come dicono, rischiamo di volar via. Forse è il caso che ti appesantisca lo zaino». «Giusto!» replica l'altra e accetta di portare anche lo zaino del compagno. Aderite all'atteggiamento aristotelico fino a questo punto? Mai sentito nominare il concetto di sistema inerziale? Beh, è un concetto vecchio di tre secoli¹⁸.

Ciò che mi interessa mostrare non è però quanto fosse errata la dottrina di Aristotele, ma quanta fatica è occorsa ed occorra per mostrare che è sbagliata: oltre venti secoli di storia per l'umanità e oltre dieci anni di studio per ciascuno di noi. Si fa presto a dire che la dottrina di Aristotele è tutta sbagliata: che stupido Aristotele a pensare che la Terra fosse ferma al centro del sistema solare! Che ingenuo a credere che se un cavallo smette di trainare un carro il carro si ferma! Ma non è forse vero che non percepiamo

il movimento della Terra e che anzi ci sembra proprio di star ben piantati immobili sulla terra? E non è forse vero anche che se smettiamo di pedalare la bicicletta si ferma? Dunque la condizione di Aristotele in cui si trovava quando elaborava la sua scienza è la stessa in cui ci troviamo noi nel percepire la realtà nella vita quotidiana (l'immagine del senso comune di Eddington): la fisica di Aristotele è la fisica spontanea che deriva dal nostro ordinario uso dell'apparato percettivo e sensoriale di cui siamo naturalmente dotati. I sensi di cui noi uomini contemporanei disponiamo sono gli stessi di quelli di cui disponeva Aristotele: gli antichi non credevano che la Terra fosse immobile perché vedevano peggio di noi! La fisica di Aristotele è dunque ben radicata nel modo in cui il nostro apparato percettivo è fatto: è dunque una fisica spontanea, ingenua¹⁹.

Come Aristotele, anche noi percepiamo la Terra immobile; tuttavia, sappiamo che le cose non sono sempre come appaiono. Siamo debitori di questa intuizione proprio ai greci e quindi anche ad Aristotele ma, evidentemente, sapere che ci possiamo sbagliare non implica sapere quando ci sbagliamo. Noi abbiamo compiuto un salto cognitivo che ci ha fatto lasciare l'atteggiamento aristotelico per quello successivo. Fuori di metafora: siamo stati a scuola e abbiamo imparato un po' di scienza moderna. Ma questo ancora non basta, perché la locuzione "scienza moderna" è troppo vaga: si intende, per esempio, quella di Galileo o quella di Einstein? Prendiamo un paio di affermazioni che non sembra possibile mettere in discussione e cioè, come prima affermazione: «in natura tutti i corpi hanno grandezze loro proprie indipendentemente dal fatto che siano misurate» (banalmente ciò significa che la lunghezza di una strada non dipende dall'atto di misurarla). Come seconda affermazione: «tutti i corpi che ruotano su se stessi presentano la stessa faccia dopo ogni giro» (banalmente ciò significa che rivedremo il nostro amico seduto sulla giostra al termine di ogni giro). Se non condividete più le affermazioni di Aristotele ma condividete queste due appena citate allora il vostro punto di vista sulla natura è positivista, avete, sì, una cultura scientifica moderna e non aristotelica, ma ottocentesca: vecchia cioè di oltre un secolo.

La prima affermazione è falsa perché la fisica quantistica ha mostrato che le particelle fondamentali di cui è composta la realtà acquisiscono certe grandezze solo nel momento in cui vengono misurate. La seconda affermazione è falsa perché, per esempio, l'elettrone possiede una proprietà, detta *spin*, che può essere approssimativamente immaginata come la strana proprietà che avrebbe un corpo in rotazione su se stesso se presentasse la stessa faccia ogni due giri. L'amico seduto sulla giostra sarebbe visibile un giro sì e un giro no!

Questi appena ricordati sono risultati conseguiti tra la fine dell'Ottocento e il Novecento, quando sono avvenuti cambiamenti così profondi nella scienza da andare ben al di là non solo del nostro modo naturale di *percepire*, ma di sfidare anche la nostra ordinaria capacità di *immaginazione*. Crisi dei fondamenti della matematica, geometrie non euclidee, teoria della relatività e meccanica quantistica sono i campi in cui la scienza ha conosciuto tali sconvolgimenti. Si tratta di ambiti nei quali sono sorte teorie che sono ormai non solo ampiamente accettate dalla comunità scientifica, ma

che fanno parte del normale *curriculum* universitario delle facoltà scientifiche. Teorie ormai vecchie di quasi cento anni, sono ancora ignote all'uomo comune e ignorate anche da coloro che hanno una cultura scientifica di livello medio perché i *curricula* scolastici al massimo riescono a formare un *punto di vista positivistico*. Le *stranezze* della fisica contemporanea non si limitano ovviamente alle due appena menzionate, sono innumerevoli: si pensi al rallentamento del tempo e all'accorciamento delle lunghezze per velocità prossime a quella della luce, ad un universo a n dimensioni (non più solo quello quadridimensionale dello spazio-tempo di Einstein e Minkowski), alla natura non deterministica degli eventi subatomici. In tutti questi casi si ha a che fare con risultati ottenuti in gran parte con strumenti matematici e poi confermati sperimentalmente. La soluzione di certe equazioni ci conduce a conclusioni che non è possibile visualizzare neppure con la fantasia (si pensi ad alcuni risultati non solo della meccanica quantistica ma anche della cosmologia, nonché alle prospettive aperte dalla teoria delle stringhe o superstringhe)²⁰.

C'è una morale in tutto questo? Ce ne sono molte: ne suggerisco una che chiamerò la *morale delle tre meraviglie* (la conoscenza era per i greci figlia della meraviglia). La prima: *meravigliosa è la ragione* che ci permette di elaborare teorie che vanno al di là di ciò che è possibile percepire. La seconda: *meravigliosa è la matematica* che ci permette di trascendere non solo i limiti della percezione ma anche quelli dell'immaginazione. La terza: *meravigliosa è la natura* nella quale ci sono più cose di quanto la tua scienza e la tua poesia, Orazio, possano immaginare.

Oltre a una morale c'è anche una conclusione: la distanza fra noi e la scienza è un buon motivo per avvicinarla, non per evitarla.

NOTE

¹ Il primo ad attrarre l'attenzione del mondo intellettuale verso i fumetti in Italia è stato Elio Vittorini che nel suo *Politecnico* ne ha ospitati spesso. In alcuni di essi Vittorini ha visto non solo un efficace «mezzo di divulgazione letteraria» ma anche qualche qualità artistica, come mostra il fatto che fece pubblicare nella collana «Nuovi Scrittori Stranieri» della Mondadori *L'antichissimo mondo di B.C.* di Hart e *I polli non hanno sedie* di Copi. Nel 1945 il *Politecnico* pubblicò strisce di Topolino, Paperino, Popeye, Barnaby. Nel 1965 insieme a Del Buono e ad Eco tenne a battesimo la rivista *Linus* nel primo numero della quale compaiono infatti i loro interventi. Il primo e organico studio sul genere è, come è noto, quello di Eco [6]; per uno recentissimo si veda [30]. Su Superman come versione moderna di eroe mitologico si veda [9, p. 208]. Più pertinenti al rapporto fra scienza e fumetto oggetto del presente intervento sono [10] e [18].

² Sono frutto di eventi più o meno eccezionali che hanno a che fare con la scienza per esempio: il Dr. Manhattan, Superman, l'Uomo Ragno, i Magnifici Quattro, Flash, Capitan America, gli X-Men.

³ Dylan Dog e Martin Mystère sono forse i più noti, ma già nelle storie di Jeff Hawke degli anni Settanta comparivano entità sovranaturali in contesti fantascientifici, per esempio in *Inquilino senza contratto* accanto ad alieni e astronavi dalle forme più disparate compare il dio Pan, vedi [17]. A meno che non riguardi il pubblico infantile, il successo di personaggi che hanno a che vedere con la magia andrebbe sempre considerato con attenzione per verificare che non sia un sintomo di diffusione di un atteggiamento antiscientifico. Sul tema (per la verità coltivato soprattutto da correnti irrazionaliste non benevole nei confronti della scienza) del rapporto di ostilità che nel mondo moderno si stabilirebbe fra uomo e scienza si veda O. Spengler, «La tecnica è diventata esoterica come la matematica superiore di cui si serve», *L'uomo e la macchina*, 1931, cit. in [24, p. 274]. Anche Musil, *L'uomo senza qualità*, (1930-33):

La ricerca odierna non è scienza soltanto: è anche magia, è un rito di grandissima forza sentimentale e intellettuale, che induce dio a sollevare l'una dopo l'altra le pieghe del suo manto, è una religione la cui dogmatica è retta e penetrata dalla dura, agile, coraggiosa logica matematica, fredda e tagliente come una lama di coltello [...] Noi abbiamo conquistato la realtà e perduto il sogno [24, p. 34].

M. Weber ha bene espresso la situazione dell'uomo contemporaneo nei confronti della scienza: a differenza dell'uomo delle età precedenti quello contemporaneo non considera più la natura come un luogo incantato e misterioso, ma la tecnica è sovente per l'uomo comune incomprendibile. Al contrario l'uomo primitivo padroneggiava completamente tutti i suoi strumenti è la tecnica per l'uomo comune a essere magica; che è un'osservazione sfruttata come slogan pubblicitario per promuovere alcuni prodotti di alta tecnologia.

⁴ L'espressione, ironica, è di Leopardi. Non mancano infatti le voci dissonanti rispetto all'ottimismo positivista ottocentesco: quelle di Schopenhauer e Nietzsche fra queste.

⁵ Gli autori sono italiani: Martina, G., Bioletto, A., vedi [21].

⁶ *Corriere dei Ragazzi* è il nome che la testata *Corriere dei Piccoli* assunse nel 1972. Ringrazio la *Fondazione del Corriere della Sera* e in particolare il Sig. Andrea Moroni per aver concesso l'autorizzazione a riprodurre l'immagine della pagina iniziale della storia.

⁷ La storia della scoperta di Semmelweis e la sua vicenda umana sono raccontate dallo scrittore Celine in [3]. Celine era laureato in medicina e l'opera ricordata nasce dalla sua tesi di laurea.

⁸ Il caso Semmelweis è l'avvio di un breve manuale di filosofia della scienza pubblicato nel 1966 da uno dei padri fondatori di questa disciplina, Hempel [14].

⁹ Si tratta di personaggi creati da Park protagonisti di cortometraggi e lungometraggi trasmessi dalla BBC. Il film *La maledizione del coniglio mannaro* del 2005 ha vinto l'Oscar per miglior film d'animazione. La NASA ha battezzato "Gromit" una sonda automatica per l'esplorazione di Marte.

¹⁰ Per un approfondimento dei temi qui solo accennati si veda un qualunque manuale introduttivo alla filosofia della scienza, per esempio fra i più recenti: [5], [19], [25].

¹¹ [14], [15]. Sulla spiegazione scientifica si può leggere in italiano [26] a cui rimando per un approfondimento delle questioni qui affrontate.

¹² È anche il titolo della storia, pubblicata nel fascicolo omonimo n. 29 del luglio 1966.

¹³ Forse qualcuno sorriderà per l'ingenuità mostrata dalla tribù indiana che considera *Il coyote nero* un mago. Eppure anche nella nostra società moderna, occidentale e tecnologica esistono tribù del genere. I tanti imbonitori sedicenti maghi che compaiono in alcune trasmissioni televisive esistono solo perché esistono ancora indiani creduloni. Si ricorderà una storia giudiziaria recente che visto la celebrazione di un procedimento penale contro un terzetto di truffatori che vendeva talismani contro la cattiva sorte. Per stabilire se il potenziale cliente era stato oggetto di maledizione il terzetto proponeva un test: provare a sciogliere una quantità di sale in un bicchiere d'acqua, se il sale non si scioglie significa che si è stati vittime di maledizione. Occorreva dunque acquistare un talismano che veniva venduto, è ovvio, alquanto... salato.

Consideriamo la seguente spiegazione del perché la data quantità di sale non si è sciolta nell'acqua:

- Sono stati fatti gesti e recitate formule magiche sulla quantità di sale
- Il sale è stato posto nell'acqua
- Tutti i cucchiaini di sale sottoposti a gesti e a formule magiche non si sciolgono nell'acqua
- La quantità di sale non si è sciolta nell'acqua

La vera causa stava nel fatto che la quantità di sale proposta era superiore alla soglia di saturazione della quantità d'acqua da utilizzare. Un concetto che dovrebbe essere già disponibile a partire dalle osservazioni scientifiche delle scuole medie inferiori se non addirittura elementari

¹⁴ Tema a cui si è dedicato Salmon [29].

¹⁵ Mi riferisco almeno dalla discussione fatta da Hume.

¹⁶ È l'obiezione degli aristotelici contro Galilei.

¹⁷ Creato nel 1950 da Mort Walker è apparso in Italia nella rivista *Linus* e ristampato poi nella collana «Oscar Mondadori». La striscia a cui mi riferisco è citata in [10, p. 69].

¹⁸ Cioè almeno quanto colui che l'ha elaborato: Galilei.

¹⁹ Sulla fisica ingenua vedi [1], [22].

²⁰ Sulla quale si può vedere [4]. Fra i moltissimi testi divulgativi cito solo [11], [13].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bozzi, P., *Fisica ingenua*, Garzanti, Milano 1998.
- [2] Carnap, R., L'eliminazione della metafisica mediante l'analisi logica del linguaggio, *Erkenntnis*, 1931.
- [3] Celine, L. F., *Il dottor Semmelweis*, Adelphi, Milano 1975.
- [4] Davies, P., *Il cosmo intelligente*, Mondadori, Milano 1989.
- [5] Dorato, M., *Cosa c'entra l'anima con gli atomi? Introduzione alla filosofia della scienza*, Laterza, Bari 2007.
- [6] Eco, U., *Apocalittici e intergrati*, Bompiani, Milano 1964.
- [7] Falk, L., McCoy W., *L'uomo mascherato*, Editoriale L'Espresso-Repubblica Panini Comics, Roma 2005, pp. 195-207.
- [8] Eddington A. S., *The nature of the physical world*, Cambridge University Press, New York 1929
- [9] Eliade, M., *Mito e realtà*, Borla, Roma 1985.
- [10] Gaspa, P. L., Giorello G., *La scienza tra le nuvole. Da Pippo Newton a Mr. Fantastic*, Cortina, Milano 2007.
- [11] Greene, B., *L'universo elegante*, Einaudi, Torino 2003.
- [12] Hanson, N. R., *I modelli della scoperta scientifica*, Feltrinelli, Milano 1978.
- [13] Hawking, S., *Dal Big Bang a i buchi neri*, Rizzoli, Milano 1988.
- [14] Hempel, K. G., *Filosofia delle scienze naturali*, Il Mulino, Bologna 1968.
- [15] Hempel, C. G., Oppenheim P., Studies in the Logic of Explanation, *Philosophy of Science* n. 15, 1948, pp. 135-175.
- [16] Hempel, C. G., *Aspetti della spiegazione scientifica*, Il Saggiatore, Milano 1986.
- [17] Jordan, S., *Inquilino senza contratto*, in *Jeff Hawke H5499-H5904*, Milano libri Edizioni, Milano 1981, pp. 47-97.
- [18] Kakalios, J., *La fisica dei supereroi*, Einaudi, Torino 2007.
- [19] Ladyman, J., *Filosofia della scienza*, Carocci, Roma 2007.
- [20] Lister, J., Antiseptic Principle of the Practice of Surgery, *The Lancet*, 16 marzo 1867.
- [21] Martina, G., Bioletto A., L'inferno di Topolino, *Topolino* nn. 7-9, ottobre 1949 - marzo 1950.
- [22] McCloskey, M., Intuitive Physics, *Scientific american*, 248 (4), 1983, pp. 122-130.
- [23] Musil, R., *L'uomo senza qualità*, Einaudi, Torino 1965.
- [24] Nacci, M., *Tecnica e cultura della crisi*, Loescher, Torino 1982.
- [25] Okasha, S., *Il primo libro di filosofia della scienza*, Einaudi, Torino 2006.
- [26] Peruzzi, A., *Modelli della spiegazione scientifica*, F.U.P., Firenze 2008.
- [27] Popper, K. R., *La logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino 1970.
- [28] Russo, L., *Segmenti e bastoncini. Dove sta andando la scuola?*, Feltrinelli, Milano 2001.

- [29] Salmon, W., *Scientific explanation and the causal structure of the world*, Princeton U.P., Princeton 1984.
- [30] Stancaelli, A., *Vittorini e i balloons. I Fumetti del "Politecnico"*, Bonanno, Siracusa 2008.
- [31] Van Eemeren, F., Grootendorst, R., Van Straaten, P., *L'argomentazione a fumetti. Corso accelerato in venti lezioni*, Mimesis, Milano-Udine 2009.