

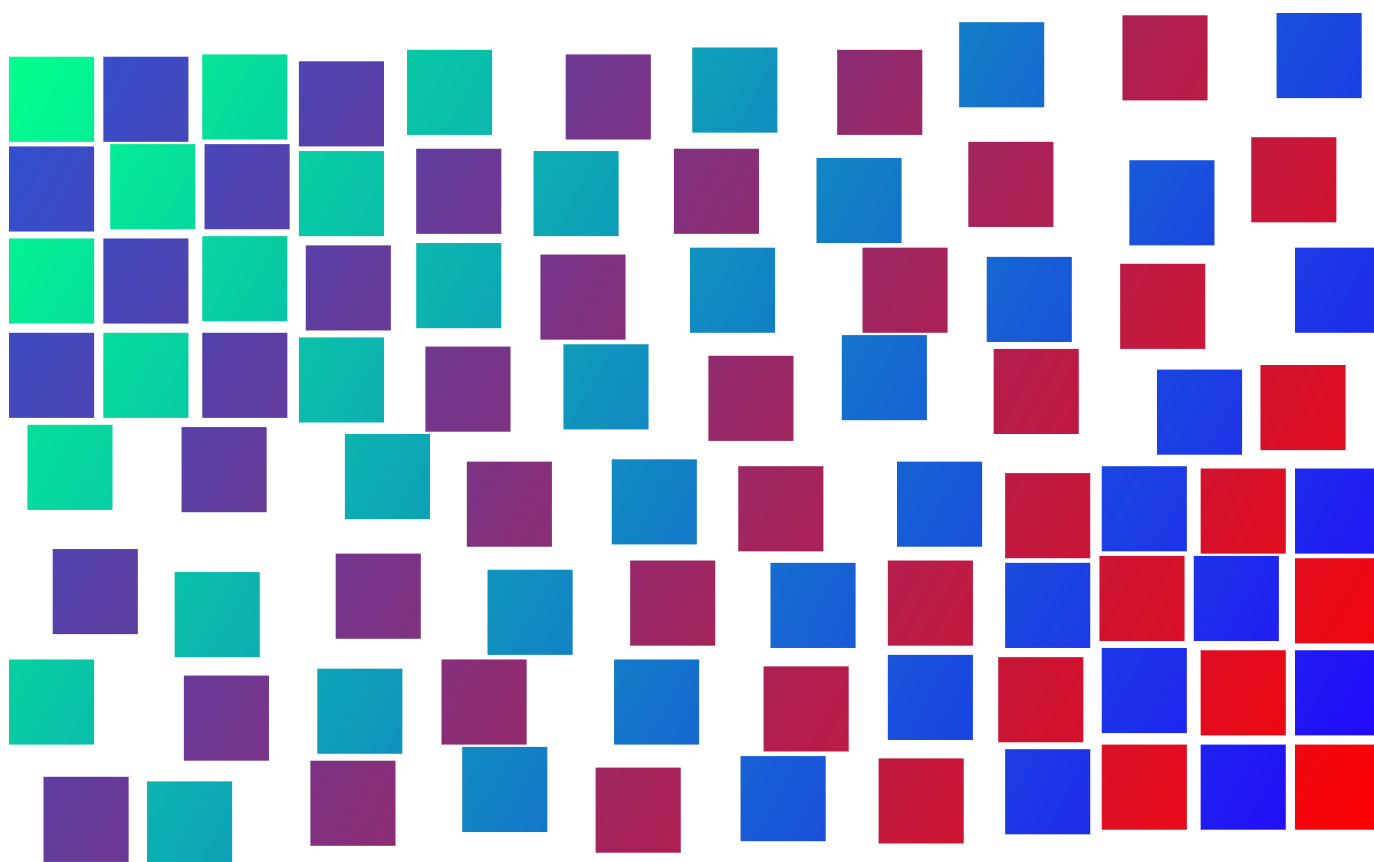
Numero IX
Anno 2017



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

Ithaca

Viaggio nella Scienza



Scienza e pseudoscienza

Ithaca: Viaggio nella Scienza

Una pubblicazione del Dipartimento di Matematica e Fisica “Ennio De Giorgi” dell’Università del Salento.

Registrazione presso il Tribunale di Lecce n. 6 del 30 Aprile 2013.
e-ISSN: 2282-8079

Direttore Responsabile
Luigi Spedicato.

Ideatore
Giampaolo Co’.

Comitato di Redazione
Rocco Chirivì,
Paolo Ciafaloni,
Maria Luisa De Giorgi,
Vincenzo Flaminio,
Luigi Martina,
Giuseppe Maruccio,
Marco Mazzeo,
Francesco Paparella,
Carlo Sempi.

Segreteria di Redazione
Daniela Dell’Anna.

© 2013-2016 Dipartimento di Matematica e Fisica “*Ennio de Giorgi*”.

© 2016 per i singoli articoli dei rispettivi autori.

Il materiale di questa pubblicazione può essere riprodotto nei limiti stabiliti dalla licenza
“*Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 3.0 Italia*” (CC BY-SA 3.0 IT).

Per il testo della licenza: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/deed.it>

Ithaca: Viaggio nella Scienza
è disponibile sul sito:

<http://ithaca.unisalento.it/>

Scriveteci all’indirizzo:

ithaca@unisalento.it

Ithaca

Viaggio nella Scienza

IX 2017

- 3** In questo numero
- 5** Scienza ed epistemologia
Mario Castellana
- 13** Considerazioni storico-epistemologiche sul principio cosmologico.
Vincenzo Fano, Giovanni Macchia
- 21** Scienza senza certezze
Dario Antiseri
- 33** Diversi modi di fare scienza e la grande teoria della vita
Ferdinando Boero
- 43** Scienza e Pseudoscienza tra verità e opinione
Marco Mazzeo
- 55** Dietro le quinte
Giampaolo Co'

- 61** **L'insostenibile leggerezza della pseudoscienza.**
Paolo Ciafaloni
- 67** **La diffusione dell'ideologia antivaccinista**
Antonella De Donno, Alessandra Panico, Giovanni Gabutti
- 77** **Pregiudizi a-scientifici e spesa farmaceutica**
Chiara Gerardi e Silvio Garattini

In questo numero

L'enorme diffusione dell'informazione, prodotta soprattutto dallo sviluppo delle tecnologie informatiche, rende molto difficile orientarsi tra il vero e l'inventato, in generale. Nell'ambito della rete informatica si generano notizie senza alcun fondamento che poi vengono diffuse e assumono validità oggettiva proprio perché vengono ripetute. Si tratta di un grave problema sociale che conduce a vere e proprie campagne di legittimazione e delegittimazione di comportamenti, persone, gruppi di persone, partiti politici ecc.

In questo contesto, nel quale è stata coniata l'espressione *post-verità* per ridefinire quello che è banale menzogna, come viene coinvolta l'informazione scientifica? La scienza, che per sua natura è universalmente comunicabile senza alcuna ambiguità interpretativa, riesce a discriminare quello che è oggettivo da quello che è, invece, soggettivo? È possibile distinguere scienza e pseudoscienza? Questo numero di *Ithaca* tratta dei rapporti tra scienza e pseudo-scienza.

Gli articoli che presentiamo possono raggrupparsi in tre categorie. Nella prima si discute sulla possibilità di definire la Scienza analizzandone la struttura assiomatica. L'articolo di Mario Castellana fa una panoramica di quella disciplina che analizza questo problema, l'epistemologia. Un'applicazione dell'approccio epistemologico al caso specifico del principio cosmologico è presentata nell'articolo di Vincenzo Fano e Giovanni Macchia. L'articolo di Dario Antiseri discute dell'approccio epistemologico di Popper. In questo gruppo di articoli ricade anche l'articolo di Ferdinando Boero che mette in luce le differenze strutturali tra discipline, e teorie, di tipo storico come la biologia evoluzionistica e discipline,

che lui definisce universali, come la fisica. Anche l'articolo di Marco Mazzeo fa parte di questo gruppo di articoli e mette in evidenza come la conoscenza scientifica non sia statica ed universale, ma in evoluzione continua, cercando di evidenziare le origini mitologico-antropologiche delle pseudoscienze e le radici filosofiche e tecniche delle scienze.

Nel secondo gruppo di articoli si cerca di distinguere tra attività scientifica e pseudoscientifica usando un approccio pragmatico, analizzando come le due attività si differenziano dal punto di vista operativo. Nell'articolo di Giampaolo Co' si racconta cosa succede dopo che il processo di ricerca, con i suoi protocolli, è terminato e si decide di renderne pubblici i risultati. Le procedure a cui ci si sottopone per arrivare alla pubblicazione possono essere usate per caratterizzare la scientificità di un lavoro? Anche l'articolo di Paolo Ciafaloni si basa su una differenza operativa, discutendo come una teoria scientifica che descrive un nuovo fenomeno debba essere capace di descrivere anche tutto ciò che le vecchie teorie descrivono. Questo non avviene per le teorie pseudo-scientifiche.

Il terzo gruppo di articoli si occupa delle conseguenze sulla società della diffusione di idee pseudo-scientifiche presentando due esempi concreti. L'articolo di Antonella De Donno, Alessandra Panico e Giovanni Gabutti presenta le conseguenze della diffusione dell'ideologia anti-vaccinista. L'articolo di Chiara Gerardi e Silvio Garattini parla dell'aggravio della spesa farmaceutica legata all'idea pseudoscientifica che i farmaci detti "generici" non siano efficaci quanto quelli presentati dalle case farmaceutiche con nomi di fantasia.

Gli argomenti presentati sono, per loro natura, meta-scientifici, e alcune delle idee espresse dagli autori spaziano dalla scienza alla filosofia, dalla psicologia a opinioni personali, le quali riteniamo comunque utile esporre in questo numero al fine di stimolare nel lettore, mediante una personale lettura critica, una curiosità verso l'approfondimento di vie poco battute nel mondo accademico e che potrebbero trovare una qualche definizione nella multidisciplinarietà dei saperi e nella fecondazione reciproca.

Buona lettura,
il Comitato di Redazione.

Scienza ed epistemologia

La storia della scienza deve essere la nostra guida.

_____ **Henri Poincaré.**

Mario Castellana

Dipartimento di Storia, Società e Studi sull'Uomo, Università del Salento

La filosofia della scienza o epistemologia si è sviluppata nel senso contemporaneo del termine grazie alla riflessione condotta sulla struttura della scienza come conoscenza in primis da parte di eminenti scienziati fra '800 e '900; pur diventando una disciplina specialistica solo nel secolo scorso, essa ha le sue origini nel pensiero filosofico e scientifico greco con l'obiettivo di comprendere la prima forma di conoscenza prodotta dall'uomo quale era quella matematica, ritenuta forma di conoscenza certa e stabile in alternativa alla *doxa*, alle opinioni soggettive. L'avvento della fisica moderna prima e soprattutto i cambiamenti concettuali avvenuti dopo a partire dalle geometrie non euclidee hanno determinato una abbondante letteratura epistemologica che ha messo al centro dell'attenzione i nuovi valori di verità contenuti nelle scienze; l'approfondimento della struttura concettuale delle scienze ha portato così a metterne in evidenza l'intrinseca storicità quale elemento fondante la conoscenza scientifica nel suo complesso sino a diventare un criterio imprescindibile per distinguerle

dalle pseudo-conoscenze.

Il contributo degli scienziati-filosofi alla nascita dell'epistemologia contemporanea

Concordo completamente con lei sull'importanza e il valore educativo della metodologia, della storia e della filosofia della scienza. Molte persone al giorno d'oggi - compresi scienziati professionisti - mi appaiono come colui che ha visto migliaia di alberi senza mai vedere una foresta. Una conoscenza dello sfondo storico e filosofico fornisce proprio quella indipendenza dai pregiudizi della propria generazione dai quali la maggior parte degli scienziati sono afflitti. Questa indipendenza determinata dall'analisi filosofica è - a mio giudizio - il segno di distinzione tra un semplice artigiano o specialista e un autentico cercatore di verità.

A differenza di altre affermazioni più note sul ruolo dell'epistemologia nel lavoro del fisico e nell'attività scientifica più in generale da parte di Albert Einstein, questa del 1944 [1], contenuta in una lettera in risposta ad un giovane scienziato che gli chiedeva dei consigli per preparare il suo primo corso di lezioni di fisica da docente, permette di chiarire meglio le ragioni di un

maggior impegno in tale campo della filosofia della scienza da parte degli stessi scienziati e non solo; questa disciplina, chiamata pure ormai da più tradizioni di ricerca anche epistemologia, affonda le sue radici nei cambiamenti strutturali avvenuti nel pensiero fisico e matematico della seconda metà dell'Ottocento, a partire dalle geometrie non euclidee e dallo sviluppo delle diverse meccaniche. Non a caso gli stessi scienziati dell'epoca, da Bernhard Riemann, Augustin Cournot e Claude Bernard a Ernst Mach, Ludwig Boltzmann, Henri Poincaré e Pierre Duhem, hanno prodotto una considerevole letteratura epistemologica in quanto la ritenevano necessaria come elemento costitutivo del loro modo di fare attività scientifica; suo compito sin dall'inizio era ritenuto, pertanto, quello di studiare *iuxta propria principia* i processi conoscitivi messi in atto nei loro percorsi dalle singole scienze specialmente quando esse stavano cambiando i principi di fondo del pensiero scientifico moderno.

Tali cambiamenti, che in genere un certo tipo di letteratura storica presenta come 'crisi dei fondamenti', avevano posto all'attenzione generale, per la prima volta nella storia del pensiero umano, la cruciale questione della pluralità delle teorie, sentita come cogente dagli stessi protagonisti, (ad es. geometria euclidea/geometrie non euclidee, meccanica razionale/meccaniche non newtoniane), della loro compatibilità, della stessa consistenza e quindi della loro veridicità; le varie tradizioni di ricerca epistemologica, sviluppatasi successivamente nei primi decenni del '900, nel loro complesso sono sorte per affermare che tale 'crisi dei fondamenti' non era una crisi della scienza tout court, ma crisi di vera e propria crescita, cioè di passaggio da un modello classico di fare attività scientifica e di produrre conoscenza, quale era quello galileiano-newtoniano, ad uno nuovo che presentava caratteri concettuali inediti nella storia del pensiero umano, come il ruolo sempre maggiore che veniva ad assumere l'elemento teorico, la teoria con i suoi processi di astrazione e di generalizzazione crescenti, come si sforzavano di sottolineare nei loro scritti Riemann per le matematiche e Boltzmann per la fisica.

La filosofia della scienza o epistemologia in senso contemporaneo del termine nasce, quindi, all'inizio per opera degli stessi scienziati del

tempo che non a caso da più parti vengono giustamente chiamati 'scienziati-filosofi', 'scienziati-pensatori', come li definiva il matematico ed epistemologo italiano Federigo Enriques [2] sulla scia del termine più pregnante francese savants; questo proprio per sottolineare il ruolo strategico e non secondario da essi assegnato ad un tale tipo di riflessione in grado per sua natura di far vedere 'gli alberi all'interno di una foresta' a dirlo con Einstein e per ribadire quel loro costante ruolo di 'autentici cercatori di verità' pur avendo a che fare con una pluralità di teorie diverse all'interno, ad esempio, della stessa fisica e a volte alternative fra di loro. La nascente riflessione epistemologica, ad opera quindi in un primo momento degli stessi scienziati e successivamente organizzatasi in un autonomo ambito disciplinare con lo sviluppo della filosofia della scienza, viene a registrare questo momento cruciale del pensiero scientifico, cioè quel movimento di continua 'crescita della conoscenza' o di 'dinamica delle teorie', come sarà definito in seguito; esso si avviava a diventare tale in maniera strutturale nel suo complesso e ad essere questa sempre di più la sua situazione normale e specifica diversificandolo così in maniera netta da altri campi del sapere, rispetto anche ad un suo recente passato non caratterizzato in tal senso e dominato da una sola teoria e da un unico conseguente modello di razionalità sia pure importante, come erano state prima la geometria euclidea e dopo la stessa meccanica razionale grazie anche alla versione analitica fornita a fine '700 ad essa da Lagrange tale da divenire il prototipo di ogni conoscenza.

Non è un caso, pertanto, che il nuovo sapere venne a costituirsi nel corso dei primi decenni del '900 sino a creare delle figure specifiche come i filosofi della scienza o epistemologi col compito di chiarire la struttura concettuale delle scienze e della fisica soprattutto che era la scienza attraversata, com'è noto, più di altre da una pluralità di prospettive teorico-sperimentali non riducibili ad un unico o omogeneo modello di razionalità scientifica anche per i crescenti livelli di matematizzazione raggiunti dai suoi percorsi interni; per questo gran parte della letteratura, che ne seguì e che ancora oggi rappresenta un capitolo non secondario della filosofia della scienza, fu la filosofia della fisica che si concentrò sulla necessità di chiarirne i procedimenti, di individuare più

adeguati criteri in grado di stabilirne i nuovi fondamenti per distinguere da altri saperi o da altri tipi di conoscenze. Il suo compito si estese alle diverse modalità di acquisizione e di produzione dei diversi percorsi conoscitivi per vagliarne la portata oggettiva e di delimitarne il campo di applicazione delle teorie a determinati oggetti contro certi punti di vista filosofici e prese di posizioni che si ritenevano al contrario ancora in grado di offrirne conoscenze globali e uniformi. In tal modo una parte considerevole della letteratura epistemologica, soprattutto quella elaborata da quel ricco e non omogeneo movimento chiamato neopositivismo logico o neo-empirismo logico e non a caso poi assertore di quel punto di vista che si affermò sotto il nome di fisicalismo, è venuta a concentrarsi sulle diverse modalità per distinguere o demarcare una teoria scientifica da una non scientifica, una teoria che produce conoscenze, sia pure soggette a continue revisioni, da teorie che non sono in grado di farlo con lo sfociare in asserzioni pseudoscientifiche e prive di senso.

Ne è scaturita una tale mole di discussioni e di punti di vista ma tutti tesi comunque a definire i criteri di scientificità di una teoria fisica, i livelli di affidabilità delle sue asserzioni, i rapporti e i livelli di coerenza interna fra contenuti empirici e i modelli teorici, fra le leggi generali e le loro applicazioni ai dati concreti; l'analisi si è poi allargata alle sue forme linguistiche e alle sue specifiche proposizioni tale da richiedere il ricorso sistematico, per affrontarne su basi più scientifiche il carattere veritativo e sempre con l'obiettivo di distinguere all'interno di una teoria fisica il vero dal falso, lo scientifico dallo pseudoscientifico, alle procedure della logica matematica che, soprattutto con David Hilbert e la sua teoria della dimostrazione del 1917, aveva fornito gli strumenti per una più adeguata assiomatizzazione e formalizzazione degli apparati di una teoria non solo matematica. Il quasi completo connubio fra la conoscenza ricca di contenuti conoscitivi dei fenomeni, quale era quella fornita dalle singole teorie fisiche, e le diverse modalità logico-matematiche con cui renderli coerenti all'interno di un progetto più ampio viene ritenuto la garanzia per una loro maggiore scientificità e oggettività; e queste vengono suffragate e supportate dall'importante e consequenziale fatto

che le proposizioni della teoria ed i suoi apparati linguistici possono essere tramutati, tramite le procedure logico-matematiche, in vere e proprie operazioni appunto perché vengono resi esenti da contraddizioni e incongruenze, quindi validi e veridici in ogni condizione in cui vengono adoperati.

Le origine greche dell'epistemologia : dalla doxa alla conoscenza

L'approfondimento poi dello sfondo storico e delle dinamiche delle scienze ha portato allo svilupparsi successivamente delle cosiddette epistemologie storiche che hanno avuto il merito di mettere al centro dell'attenzione i processi di acquisizione delle conoscenze liberando la scienza nel suo complesso da una visione cumulativa e lineare; questo ha prodotto l'interesse per i diversi momenti del procedere scientifico e ha portato a ritenere uno strumento indispensabile l'analisi di quello che Einstein nella sua *Autobiografia* chiamava il 'credo epistemologico' implicito o esplicito di ogni scienziato, in quanto in grado di far capire più in profondità altri aspetti non eludibili dell'attività scientifica che con i filosofi della scienza francesi si possono chiamare le *veçù des savants, le tissu et l'hinc e il nunc* della nascita di una teoria; la considerazione critica di quel momento unico, che Karl Popper ha racchiuso nella significativa espressione 'la logica della scoperta scientifica', ha portato a chiarire il ruolo a volte imprescindibile delle stesse metafisiche, cioè quelle visioni generali del reale che a volte guidano la ricerca, e a distinguerle fra quelle cognitive che nel tempo, come l'atomismo ed un certo vitalismo, hanno portato alla nascita di veri e propri programmi scientifici e quelle non cognitive che hanno generato pseudoscienze, anche se a volte come l'astrologia e l'alchimia hanno preparato il terreno per la nascita di altre vere e proprie forme di conoscenza come l'astronomia e la chimica, come hanno sostenuto Gaston Bachelard e Karl Popper negli anni '40-'50 in un'ottica non più neopositivistica.

Del resto sin dalle sue stesse origini che si trovano nel pensiero greco, l'epistemologia si è sempre presentata come 'teoria della conoscenza fon-

data', che doveva essere l'obiettivo primario di ogni seria ricerca filosofica in quanto tesa alla conquista della verità; per questo motivo il primo capitolo di ogni dottrina filosofica era costituito dalla gnoseologia che per farla diventare tale doveva soprattutto stabilizzarla, come del resto indica l'originaria radice sanscrita del termine *saf*, certo e stabile e quindi incontrovertibile e universale, donde 'sofia' sinonimo di sapere fondato a cui ogni forma di vera conoscenza doveva aspirare e uniformarsi. La stessa etimologia del termine 'epistemologia' contiene implicita questa idea e per episteme (epi e staino, stare sopra) si intendeva, infatti, conoscenza certa, stabile, non soggetta a cambiamenti con dei fondamenti incontrovertibili; ne era un primo esempio storico quello fornito dalla matematica, la prima costruzione umana frutto del lavoro della ragione, come ha detto il matematico ed epistemologo italiano Federigo Enriques, che ha liberato l'uomo dalla schiavitù dei dati e dall'empirismo dei fatti [3] per la ricerca continua di invarianti. L'*episteme* grazie al ruolo giocato dalla matematica nelle sue due prime articolazioni, la geometria e l'aritmetica, veniva infatti contrapposta alla doxa, alla conoscenza soggettiva e intuitiva soggetta a contraddizioni e soprattutto mutevole, quindi incerta ed instabile e foriera di pseudoconoscenze; la nascita della matematica come scienza, evento definito da alcuni storici della scienza 'il miracolo greco' [4], ha prodotto una prima forma di attività epistemologica, la teoria della conoscenza, che ha cercato di dare ragione dell'*episteme*, intesa quasi come entità per il suo carattere di conoscenza universale e oggettiva perché fondata razionalmente non soggetta a cambiamenti.

Questo è il motivo per cui scienza cioè *episteme*, filosofia, filosofia naturale, gnoseologia sono state storicamente intrecciate per molti secoli sino a costituire quasi un unicum, dove i principi e i fondamenti dell'una venivano fatti coincidere con quelli delle altre per il carattere storico assegnato alla matematica e alla geometria euclidea in particolar modo tale da ritenerla 'divina' e considerare assurda qualsiasi ipotesi che sostenesse qualcosa di diverso, come nel caso del gesuita Girolamo Saccheri; poi la grande idea di Galileo di fidarsi del carattere 'divino', cioè del valore epistemico della matematica, lo spinse a rivolgerla al 'gran theatro della natura' ed arrivare

così alla nascita e allo sviluppo della fisica come scienza, un altro decisivo 'evento di verità' come lo definisce il filosofo francese Alain Badiou [5], che ha spinto Kant a porsi la cruciale questione della loro possibilità come scienze con ambiti ben delimitati e come dalla loro combinazione si sia sviluppata la meccanica razionale. Poi i grandi dibattiti sulla natura della fisica come scienza e delle sue procedure, a partire appunto da Galileo e Newton a Laplace e Lagrange, hanno portato poi a delineare la specificità e nello stesso l'unità del metodo scientifico, ricavato da essa e ritenuto fondamento di ogni altro tipo di indagine scientifica; le diverse discipline sviluppatasi in seguito per ambire ad essere considerate scienze vere e proprie, pertanto, dovevano uniformarsi a tale metodo che, com'è noto, era rivolto a trovare leggi invarianti da formulare in termini matematici quantitativi.

Alcuni criteri per distinguere una conoscenza da una pseudo-conoscenza

La *nuova episteme*, quella fornita dunque dalla fisica moderna, continua l'obiettivo originario dell'*episteme* classica di fornire una conoscenza razionalmente fondata apportando però la necessità, per raggiungere tale obiettivo, di fare 'esperimenti ideali' e di riprodurli in laboratorio in grado di eliminare dai fenomeni considerati le cosiddette 'impurità' o accidenti; questo era considerato una *conditio sine qua* non si potevano formulare leggi universali in grado di far vederne le cause oggettive e di mettere da parte gli effetti 'secondari'. In tal modo si delimitavano i fatti da trattare scientificamente in quanto controllabili e tali fatti modellati secondo leggi quantitative erano la garanzia dell'affidabilità e della consistenza delle teorie scientifiche. La codificazione del relativo metodo era considerata pertanto una più sicura strada che portava ad un certo grado di oggettività e permetteva di dare un valore universale di verità alle ipotesi con l'andare al di là delle visioni soggettive e precarie.

Era del tutto naturale, quindi, che i nuovi e numerosi 'eventi di verità', avvenuti in vari campi del pensiero scientifico fra '800 e '900 a partire dalle geometrie non euclidee con Riemann, quan-

do a dirla con quel gruppo di matematici francesi raccolti sotto il nome di Nicolas Bourbaki inizia la patologia della verità matematica [6], dovesse imporre un cambiamento radicale dello stesso concetto di *episteme*; le continue e diverse 'crisi di crescita' della conoscenza scientifica col sorgere di teorie onnicomprensive, come sarà prima la teoria dell'evoluzione e poi quelle della relatività e della meccanica quantistica, hanno portato ad un vero e proprio 'terremoto dei concetti' e ad un ribaltamento delle tradizionali categorie di pensiero per usare una espressione di Nietzsche che, attento osservatore di questi eventi, in *La gaia scienza*, era stato uno dei primi filosofi a prendere atto della necessità del definitivo abbandono dell'ipse dixit invitando a vivere gioiosamente questo atto di libertà dai vincoli del pensiero unico. Questo stava a significare che dentro gli stessi fondamenti del pensiero scientifico nel suo complesso erano entrate quelle che i filosofi della scienza francesi chiamano *mobilités* interne sia a livello sincronico e soprattutto a livello diacronico [7]. Si prenderà atto, cioè, nel Novecento che la conoscenza prodotta a partire in primis da quella matematica non poggia più su una roccia granitica, ma su terre mobili come ha sostenuto con piena lucidità epistemica il matematico Hermann Weyl in *Il continuo* del 1932 [8].

L'insieme delle proposte scaturite dalla successiva, vasta e non omogenea letteratura epistemologica verterà essenzialmente sulla comprensione critica di questo nuovo carattere storico assunto dall'episteme con il delineare le coordinate teoriche entro cui situare la vexata questione del carattere veritativo delle scienze; compreso molto più tardi nella sua più giusta dimensione il loro carattere specifico, quello strutturalmente storico, cioè non assoluto, il problema che incominciò a porsi in tutta la sua cogenza fu quello di salvaguardarne gli elementi veritativi loro intrinseci, i livelli di oggettività come si auspicava già, con un non comune spessore epistemico, Ludwig Boltzmann nella sua drammatica difesa del valore scientifico della nuova ipotesi atomistica, osteggiata perché ritenuta, com'è noto, da molti eminenti fisici della sua epoca che lo accusavano di fare del 'terrorismo matematico' un 'roman de physique' e un 'mondo di carta', per il crescente e alto livello di matematizzazione introdotto nella

sua teoria [9].

Si poneva in tutta la sua complessità storico-teoretica il problema del nuovo 'valore della scienza', a dirla con Henri Poincaré, per evitare di cadere in posizioni filosofiche riduzionistiche ed estremistiche nello stesso tempo, quella vetero-positivista ancora legata ad una visione storica e assolutistica di essa da un lato e dall'altro quelle variegata ed insidiose forme di 'reazione idealistica contro la scienza' accomunate dal negare qualsiasi valore a partire proprio da quello specifico, quello conoscitivo, proprio per il suo presunto carattere instabile, relativo e provvisorio e dunque non essere considerata un 'evento di verità'; occorre, pertanto, ripristinare e ridelineare le modalità di un percorso orientato a ribadire su altre basi il nuovo significato di verità e di consistenza delle diverse teorie, a riconsiderare nuove modalità per continuare da parte degli stessi scienziati ad essere ancora 'autentici cercatori di verità' a dirla con Einstein, il cui 'realismo' di fondo trova alcune delle sue ragioni proprio in questo e non solo nei più noti dibattiti che ebbe con i sostenitori della cosiddetta interpretazione standard della meccanica quantistica [10]. Si trattava di prendere atto definitivamente del carattere *ouvert e approché*, approssimato della conoscenza scientifica, come dicevano all'unisono sia Federigo Enriques che l'epistemologo francese Gaston Bachelard [11] insieme con lo stesso Karl Popper in seguito, che non a caso parlerà di scienza costruita sulle palafitte dando voce più organica a questa nuova dimensione assunta dalla scienza come conoscenza *tout court* col cercare di eliminare da essa ogni forma di 'filosofia dubbia' che ne potesse mettere in dubbio i valori di verità intrinseci [12].

La storicità della scienza come criterio di demarcazione fra una scienza e una pseudo-scienza

La letteratura epistemologica del '900, sia pure a fatica, ha metabolizzato questo nuovo percorso intrapreso dalle varie scienze nel loro complesso e ha cercato di comprendere questo stato di cose e, pur avendo in comune con la passata l'obiettivo di comprenderne nel suo giusto spessore la portata conoscitiva ed oggettiva, se ne distanzia

per l'impossibilità di fondarla su criteri univoci, assoluti, certi in quanto prende atto dell'estrema complessità e della diversificazione dei loro percorsi di verità; nasce la coscienza epistemica che essi non sono più riconducibili ad un modello di scienza data, del resto ricavato da una pure importante scienza, come era stato nel mondo classico la matematica e nel periodo moderno la meccanica razionale. Si prende atto del pluralismo metodologico che sconfigge qualsiasi forma di essenzialismo teorico con l'idea di elaborare una epistemologia ouverte, mobile [13], dagli stessi fondamenti storici una volta metabolizzato quello che Enriques chiama il 'significato della storia del pensiero scientifico', dove la sua 'storia viene guadagnata attraverso la scienza in servizio della scienza e non viceversa' [14]; questo non è una generica presa d'atto del fatto che la scienza, come ogni impresa umana, ha uno svolgimento storico, ma un modo per chiarirne il valore teoretico intrinsecamente storico. Questo comporta lo studio specifico della dinamica dei mutamenti scientifici e dei processi di ristrutturazione e di rettificazione in essa ricorrenti, come ha sostenuto Gaston Bachelard in varie sue opere negli anni '30-'40. In questi ultimi decenni da più parti, sotto la spinta dei dibattiti sollevati da quello che Thomas Kuhn in *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962) chiamava 'passaggio di paradigmi' nella storia delle scienze e quindi della loro incompatibilità e della loro sostituzione, si è soliti parlare piuttosto di 'rivoluzione nella riflessività' da parte ad esempio di Yehuda Elkana e di 'processi copernicani', cioè di 'trasformazioni riflessive di sistemi di sapere' con John Renn [15], innescati dai mutamenti scientifici che 'ristrutturano', 'riorientano' i percorsi col recuperare scarti di teorie precedenti e nello stesso rivedere sotto una nuova ottica gli stessi dati.

Questa nuova ottica che è insieme storica ed epistemologica permette di comprendere meglio quelle che Gaston Bachelard, nelle sue analisi delle varie formulazioni della meccanica quantistica da quelle di Bohr e Heisenberg a quelle di Paul Dirac e Louis De Broglie, chiamava in *La Philosophie du non* (1940) 'sintesi trasformanti'; cioè ogni nuova teoria ha una sua struttura, non liquida il passato ma lo riprende, sintetizza gli elementi forniti da quelle precedenti, li delimita, li rinno-

va e li trasforma dando loro una diversa visione, come nel caso prima di Cavalieri nei confronti di Galileo, poi di Riemann nei confronti del modello euclideo e dello stesso Einstein nei confronti di Boltzmann, Planck e Lorentz. In tale processo di rettificazioni continue ogni passo che si fa costituisce un cambiamento concettuale, un modo per rendere 'sempre più verità di diritto quelle che sono verità di fatto', come dirà Bachelard nella sua ultima opera di carattere epistemologico, *Le matérialisme rationnel* del 1953, in quanto ogni nuova teoria rende più veridica e intellegibile quella precedente rafforzandola nel suo ambito e nello stesso tempo delimitandola grazie però al fatto che questa ha un nucleo di verità che permette poi il suo stesso superamento.

Compito quindi dell'analisi storico-epistemologica è quello di vagliare il grado ed il livello di intelligibilità e di verificabilità raggiunti da una teoria rispetto ad un'altra e, come aveva detto con altre parole Federigo Enriques già negli anni '20-30, di comprendere una volta per tutte che nella scienza non esistono teorie vere ma teorie sempre più vere; ed è pertanto necessario tenere nella massima considerazione il fatto che il suo stesso presente non è altro che un *punto di passaggio* nel suo divenire [16]. Certo la contraddittoria letteratura epistemologica del '900 ci ha forniti una serie di criteri di demarcazione per distinguere una scienza da una pseudoscienza, che poi, come ci insegna la storia del pensiero filosofico e scientifico, derivano da teorie codificate o da quelle che Jean Piaget chiamerà 'epistemologie derivate' [17] come i criteri formali, computazionali, verificabili, falsificazionisti, evolutivo-selezionisti che hanno avuto un ruolo strategico nei processi di fondazione della conoscenza per renderla sempre più stabile pur nei suoi cambiamenti strutturali; ma essi in tal modo sono stati resi 'ideali' cioè come 'cornici' nel senso popperiano del termine, entro cui fare entrare a forza le procedure scientifiche con inevitabili esiti riduzionistici. Proprio per evitare posizioni del genere, il terreno storico è quello che meglio può aiutare a dare uno strumento più adeguato per affrontare tale problema nato con la nascita stessa dell'episteme; nel momento della sua costituzione come costruzione umana sorge come individuare una conoscenza più consistente da

una meno o senza nessun fondamento.

Sviluppando l'idea di Enriques, si può dire che se una scienza ha una storia nel senso sopra descritto, ha livelli di scientificità che altre costruzioni umane non hanno; se una scienza non produce dal suo interno una costante produzione di concetti e teorie pur variabili nel tempo, con continui processi di auto-superamento e di auto-delimitazione non può essere considerata tale. Anche se quelle che oggi possiamo considerare alla luce di questo criterio non scienze o pseudoscienze, come ad esempio l'astrologia o l'alchimia, hanno avuto a volte un ruolo non secondario nello stesso sviluppo di scienze come l'astronomia e la chimica, esse sono rimaste sempre le stesse sin dal momento della loro comparsa, non hanno prodotto ulteriori concetti e teorie, non hanno prodotto nemmeno delle metafisiche cognitive in senso popperiano in grado almeno di fornire immagini diverse del reale. Anche se esse per molto tempo sono rimaste punti di riferimento o chiavi di interpretazione della realtà, non significa che sono state forme di conoscenze ma solo forme di credenze a volte anche utili e insostituibili nella vita dell'uomo che non gli hanno però permesso di avere nei confronti della realtà nessun approccio di carattere autenticamente conoscitivo.

Epistemologia e deformazione ideologica della scienza

Ma un altro importante elemento ci fornisce la riflessione epistemologica se orientata in senso storico, quello della sua capacità di smascheramento delle deformazioni ideologiche subite dalle teorie scientifiche per fini extra-scientifici, fenomeno che si è sviluppato in particolar modo fra '800 e '900; è avvenuto e avviene spesso l'utilizzo acritico di alcuni risultati o di semplici ipotesi avanzati in certi settori, se non il loro abuso, per sostenere la presunta scientificità di posizioni in altri ambiti delle azioni umane. Questo è dovuto al grande successo ottenuto dalle scienze nella loro storia che ha oscurato il ruolo di altri saperi o di altre forme di espressività umane come ad esempio la religione che per molti secoli è servita anche a giustificare e legittimare le azioni umane, sino a farla diventare instrumentum regni; lo

stesso rischio corre la razionalità scientifica che, assunta fuori dal contesto storico in cui è maturata, può essere utilizzata per sostenere punti di vista che non hanno nessun fondamento, data appunto la diversità e la ricchezza veritativa delle sue teorie la cui complessità richiede un approfondimento epistemologico esplicito e costante. Mancando un approccio del genere semplici ipotesi passano per 'verità' scientifiche in nome delle quali poi si fanno delle scelte e così la linea di demarcazione fra scienza e pseudoscienza, fra verità reali e verità presunte si fa molto labile creando così a livello sociale da un lato le condizioni per un atto di fede nella scienza e dall'altro per un suo rifiuto.

Ecco perché risultano ancora attuali queste parole di Antonio Gramsci sulla necessità di una seria educazione scientifica che aiuti a capire meglio la metodologia delle scienze e a non snaturare la conoscenza prodotta:

La scienza, nonostante tutti gli sforzi degli scienziati, non si presenta mai come nuda nozione obiettiva; essa appare sempre rivestita da una ideologia con un'ipotesi o un sistema d'ipotesi che superano il mero fatto obiettivo. È vero però che in questo campo è relativamente facile distinguere la nozione obiettiva dal sistema d'ipotesi, con un processo di astrazione che è insito nella stessa metodologia scientifica, in modo che si può appropriarsi dell'una e respingere l'altra... è da notare che accanto alla più superficiale infatuazione per le scienze, esiste in realtà la più grande ignoranza dei fatti e dei metodi scientifici, cose molto difficili e che sempre più diventano difficili per il progressivo specializzarsi di nuovi rami di ricerca. La superstizione scientifica porta con sé illusioni così ridicole e concezioni così infantili che la stessa superstizione religiosa ne viene nobilitata. Il progresso scientifico ha fatto nascere la credenza e l'aspettazione di un nuovo tipo di Messia, che realizzerà in questa terra il paese di Cuccagna; le forze della natura, senza nessun intervento della fatica umana, ma per opera di meccanismi sempre più perfezionati, daranno alla società in abbondanza tutto il necessario per soddisfare i suoi bisogni e vivere agiatamente. Contro questa infatuazione, i cui pericoli sono evidenti (la superstiziosa fede astratta nella forza taumaturgica dell'uomo, paradossalmente porta ad isterilire le basi stesse di questa stessa forza e a distruggere ogni amore al lavoro concreto e necessario, per fantasticare, come se si fosse fumato una nuova specie di oppio) bisogna

combattere con vari mezzi, dei quali il più importante dovrebbe essere una migliore conoscenza delle nozioni scientifiche essenziali, divulgando la scienza per opera di scienziati e di studiosi seri e non più di giornalisti onnisapienti e di autodidatti presuntuosi. In realtà, poiché si aspetta troppo dalla scienza, la si concepisce come una superiore stregoneria, e perciò non si riesce a valutare realisticamente ciò che di concreto la scienza offre [18].



- [1] CIT. IN F. LAUDISA: *Albert Einstein e l'immagine scientifica del mondo*. Carocci, Roma (2015). p. 17.
- [2] F. ENRIQUES: *Per la storia della logica*. Zanichelli, Bologna (1922).
- [3] F. ENRIQUES, *L'anima religiosa della scienza* a cura di M. Castellana, Castelvevchi, Roma (2016) p. 30.
- [4] M. SERRES: *Les origines de la géométrie*. Flammarion, Paris (1993).
- [5] A. BADIOU: *Manifesto per la filosofia*. trad. it., Feltrinelli, Milano (1991).
- [6] N. BOURBAKI: *Éléments d'histoire des mathématiques*. Hermann, Paris (1969). p. 27.
- [7] G. Bachelard, *Le Rationalisme appliqué*, P.U.F., Paris, (1949) e G. Châtelet, *Les enjeux du mobile. Mathématique, physique, philosophie*, Le Seuil, Paris (1993).
- [8] H. Weyl, *Il continuo*, (1932), trad. it., Bibliopolis, Napoli (1977). p. 48.
- [9] E. BELLONE: *Il mondo di carta. Ricerche sulla seconda rivoluzione scientifica*. Mondadori, Milano (1976).
- [10] F. LAUDISA: *Albert Einstein e l'immagine scientifica del mondo*. Carocci, Roma (2015).
- [11] F. Enriques, *Problemi della scienza*, Zanichelli, Bologna, (1906) e G. Bachelard, *Essai sur la connaissance approchée*, Vrin, Paris, (1928).
- [12] K. Popper, *Proscritto alla Logica della scoperta scientifica. La teoria dei quanti e lo scisma nella fisica*, (1956), trad. it., Il Saggiatore, Milano, (1984).
- [13] G. BACHELARD: . *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, P.U.F. (Paris).1951
- [14] F. ENRIQUES: *Signification de l'histoire de la pensée scientifique*. Hermann, Paris (1934).
- [15] Y. Elkana, *Antropologia della conoscenza* (1981), trad. it., Laterza, Bari (1989) e J. Renn, *Sulle spalle di giganti e nani. La rivoluzione incompiuta di Albert Einstein*, trad. it., Bollati Boringhieri, Torino, (2012).
- [16] F. Enriques, *Per la storia della logica, Problemi della scienza*, Zanichelli, Bologna, (1906) e *Storia del pensiero scientifico*, Zanichelli, Bologna, (1932), p. 6.
- [17] J. Piaget, *Logica e conoscenza scientifica*, (1967), trad. it., Studium, Roma (2016). p. 445.

- [18] A. Gramsci, *Quaderni del carcere (Q. XVIII)*, in *Il materialismo storico*, a cura di L. Gruppi, Editori Riuniti, Roma (1971), pp. 66-67.



Mario Castellana: Professore di Filosofia della scienza e di Storia della scienza presso alcuni Corsi di Laurea dell'Università del Salento e afferente al Dipartimento di Storia, Società e Studi sull'Uomo, si occupa della storia dell'epistemologia del primo Novecento e dei dibattiti avvenuti sui rapporti fra epistemologia e storia della scienza in ambito francese ed italiano; ha fatto studi sui contributi dati da alcuni scienziati e filosofi della scienza di questa aerea sulla natura della matematica e della fisica matematica e ha preso in considerazione le figure di Federigo Enriques, Gaston Bachelard, Hélène Metzger, Albert Lautman, Ferdinand Gonseth, Jean Desanti, Alain Connes, Jean Cavaillès, Michel Serres con l'edizione critica di alcune loro opere e la traduzione dal francese di alcuni saggi più significativi. Dirige una collana internazionale di filosofia della scienza, 'Pensée des sciences', in collaborazione coll'omonimo Laboratoire Disciplinaire dell'école Normale Supérieure di Parigi, di cui ha fondato presso l'Università del Salento la Sezione italiana, e partecipa con tale Centro ad una ricerca internazionale sul recupero del patrimonio epistemologico europeo; è 'consigliere scientifico straniero' della storica rivista francese 'Revue de synthèse' dove sono apparsi vari suoi saggi e recensioni e ne sta preparando con altri studiosi italiani e stranieri alcuni dossiers su figure poco note del dibattito epistemologico dei primi anni del Novecento.

Considerazioni storico-epistemologiche sul principio cosmologico.

Vincenzo Fano

Dipartimento di scienze pure e applicate, Università di Urbino

Giovanni Macchia

Dipartimento di scienze pure e applicate, Università di Urbino

L "principio cosmologico", cioè l'ipotesi che l'universo sia omogeneo e isotropo, è stato introdotto implicitamente da Einstein nel 1917, nell'articolo che di fatto fondò la moderna cosmologia relativistica. Questo principio è ancora il mattone fondamentale dell'intero edificio teorico della cosmologia, nonostante il suo statuto epistemologico sia stato spesso frainteso dagli stessi scienziati. Qui presentiamo un breve excursus critico e storico delle riflessioni che, a partire dagli anni Trenta, hanno riguardato questo importante principio.

Nel 1917 Einstein aveva appena formulato la teoria della relatività generale, ma si rendeva conto di non avere ancora realizzato il compito filosofico che si era prefisso, cioè quello di eliminare ogni effetto inerziale dovuto allo spazio in quanto tale, ovvero non aveva ancora dimostrato quello che chiamerà [1] "il principio di Mach".

Prendiamo due sfere uguali di materiale deformabile ([2], pp. 771-772). Ipotizziamo che una ruoti rispetto all'altra in un universo per il resto vuoto. Secondo la fisica newtoniana risulterebbe che quella che ruota si dovrebbe deformare. Questa deformazione sarebbe dovuta solo alla sua rotazione rispetto allo spazio. Einstein voleva dimostrare che questo è impossibile. La deformazione non deve essere causata dallo spazio, ma dalle altre masse.

Einstein non era sicuro che le sue equazioni avrebbero rispettato questo principio. Per tale ragione provò ad applicarle all'universo inteso come un tutto, cioè al fine di dimostrare il principio di Mach. In realtà non riuscì in questo intento, poiché pochi mesi dopo De Sitter mostrò che esiste una soluzione delle equazioni in assenza di materia che attribuisce capacità fisiche allo spaziotempo in quanto tale [3]. Tuttavia con il suo saggio "Considerazioni cosmologiche sulla teoria generale della relatività" [4] egli ha fondato forse senza rendersene pienamente conto la

cosmologia scientifica. Per prima cosa egli mostra che l'universo newtoniano è instabile. Infatti, per il teorema di Poisson, o teorema del guscio sferico, se togliamo da una distribuzione infinita e omogenea di stelle una sfera con tutto il suo contenuto, al suo interno la gravità dovrebbe essere nulla. Dunque se rimettiamo al suo posto le stelle della sfera, esse dovrebbero collassare verso il centro. Occorre quindi aggiungere alla forza attrattiva di gravità una qualche forza repulsiva. Dopo di che Einstein passa ad applicare a livello cosmologico la relatività generale. Vale la pena rileggere le sue parole: *Il carattere metrico (curvatura) del continuo spazio-temporale quadridimensionale, secondo la teoria della relatività generale, viene determinato in ogni punto dalla materia stessa che vi si trova e dal suo stato. Quindi la struttura metrica di questo continuo, a causa della disomogeneità della distribuzione della materia, deve essere per forza fortemente avviluppata. Se però noi arriviamo alla struttura all'ingrosso, possiamo rappresentarci la materia come omogeneamente distesa in uno spazio enorme, cosicché la sua funzione di densità di distribuzione cambierà in modo immensamente lento. Ovvero noi procediamo in modo simile a quello dei geodeti, che approssimano con degli ellissoidi le forme molto complicate a livello micro della superficie della terra.* ([4] p. 547, trad. nostra)

Come giustamente nota il grande storico della cosmologia Merleau-Ponty ([5] pp. 51-52, nell'edizione italiana) di fatto il merito della fondazione della cosmologia scientifica non va solo ad Einstein, ma anche a de Sitter, con il quale egli era già in rapporto epistolare da tempo. Sta di fatto che qui Einstein formula quello che Milne ([6] pp. 24 e 68) chiamò "il principio cosmologico di Einstein" (PC). Dal punto di vista strettamente fisico, tale principio afferma che lo spazio-tempo è omogeneo e isotropo, cioè che rispetto a qualsiasi punto la distribuzione della materia è più o meno la stessa - come nell'acqua del mare - e che ogni direzione è equivalente - come per lo spruzzo di un innaffiatoio da giardino in una situazione stazionaria. Non proseguiamo qui nella presentazione dell'articolo di Einstein, che esula dai limiti della nostra riflessione.

Nel 1932 Einstein ([7]p. 235), tornando sulla questione, sarà più esplicito, evidenziando le "assunzioni" del suo lavoro del '17: 1. *tutte le posizioni dell'universo hanno ugual valore* e 2. *la*

struttura dello spazio e la densità devono restare costanti nel tempo (trad. nostra). Egli manterrà la prima, ma respingerà la seconda, sotto la spinta dei nuovi dati astronomici prodotti da Hubble¹.

Prima di proseguire, è importante una precisazione metodologica: Milne formula così il PC: due particelle-osservatori A e B si dicono equivalenti se quello che osserva A di B è uguale a quello che osserva B di A. Un sistema di particelle-osservatori soddisfa il PC se due particelle-osservatori equivalenti ottengono in tutte le loro misurazioni riguardanti il sistema lo stesso risultato. Allora il PC afferma che nel nostro universo tutte le coppie di particelle-osservatori equivalenti trovano gli stessi risultati in tutte le misurazioni che eseguono. Questo in realtà non è ciò che aveva detto Einstein, il quale aveva fornito una definizione *ontologica* e non *epistemologica* del principio. L'assunzione che sta alla base dei modelli cosmologici non è di natura operazionistica, ma sulla realtà fisica. Ovvero il PC non afferma che tutti gli osservatori equivalenti hanno gli stessi risultati, ma che i punti dello spazio-tempo sono equivalenti. D'ora in poi ci riferiremo sempre a questa forma ontologica del principio.

Il PC negli anni Trenta, mentre la cosmologia relativistica stava muovendo i primi passi, subì un attacco frontale da parte di autorevoli fisici sostenitori di una forma radicale di empirismo.

Tali critiche culminano in un enfatico intervento su *Nature* da parte di Herbert Dingle [9]. L'articolo dell'autorevole scienziato e filosofo provocò un'ampia messe di risposte da parte di studiosi molto noti. A distanza di ottanta anni è divertente vedere i pregiudizi storiografici che agivano e purtroppo agiscono ancora nella cultura scientifica. Aristotele, fondatore dell'empirismo, veniva considerato l'alfiere dei razionalisti, contro Galileo, ben noto platonico! A parte questo folklore, nella risposta ulteriore di Dingle [10] appare la fonte del suo pensiero, cioè Newton, che dichiarò di "dedurre dall'esperienza" e di "non fare ipotesi"². È ben noto che né Newton³, né Galileo⁴ erano consapevoli del metodo che stavano

¹Su Einstein e la cosmologia si veda [8].

²Sull'intero dibattito si veda [11]

³Koyré, [12] pp. 27ss., nota che Newton è stato interpretato come empirista più di quanto egli stesso lo fosse.

⁴Si veda ad esempio [13]. p 267 e ss.

inventando, adeguatamente espresso invece da Christian Huygens all'inizio del Trattato sulla luce del 1690 ([14] p. X):

Vedremo alcune dimostrazioni che non producono una certezza così grande come quelle della geometria, che inoltre differiscono molto da queste ultime, poiché mentre i geometri provano le loro proposizioni da principi certi e incontestabili, qui i principi si verificano sulla base delle conclusioni che se ne traggono; la natura di queste cose non accetta che si faccia diversamente. È tuttavia possibile arrivare a un grado di verosimiglianza che spesso non è da meno dell'evidenza completa. Cioè quando le cose, che si sono dimostrate dai principi supposti, si rapportano perfettamente ai fenomeni che l'esperienza ha messo in risalto; soprattutto quando ce ne è un gran numero, e ancor di più quando si formano e si prevedono fenomeni nuovi, che devono seguire dalle ipotesi che si usano, e si trova che in quel caso l'effetto corrisponde alle nostre attese. (Trad. nostra)

Cioè quello che verrà chiamato "metodo ipotetico-deduttivo", che ancora nella seconda metà dell'Ottocento faceva fatica ad affermarsi, tranne importanti eccezioni⁵. Tra le risposte a Dingle, l'unico che sembra avere le idee chiare è l'astrofisico William McCrea ([16] p.1002):

Dingle ha semplicemente riaperto la questione della relazione fra fisica matematica e fisica sperimentale, nella misura in cui egli afferma di aver riscontrato un punto di vista nuovo e perverso nella prima. Ora, un sistema di fisica matematica, al di là della presunta perversione, è l'elaborazione delle conseguenze matematiche di certe ipotesi. Il valore di una teoria è giudicato da un lato dal basso numero e dalla semplicità delle ipotesi, e dall'altro dalla vicinanza dell'accordo delle sue predizioni con i risultati dell'osservazione. (Trad. nostra)

Negli anni Trenta il dibattito epistemologico sui fondamenti delle scienze era molto ampio⁶, tanto che dopo la migrazione di molti studiosi europei negli Stati Uniti, venne fondata a Chicago la rivista *Philosophy of science*. Sul primo

⁵A tutt'oggi, a nostra conoscenza, non esiste una storia del metodo ipotetico-deduttivo nel pensiero scientifico moderno. Vedi però Losee [15], capp. 9 e 10. Non è nostra intenzione contrapporre metodo induttivo e ipotetico-deduttivo, che sono complementari nella pratica scientifica, ma notare come molti fisici sono particolarmente rassicurati dal primo e diffidenti nei confronti del secondo, almeno a parole.

⁶Sulla rivista *Erkenntnis* fondata da Carnap e Reichenbach.

numero ci troviamo un bell'articolo di Einstein: *Sul metodo della fisica teorica*, [18] dove si leggeva:

La struttura del sistema è compito della ragione; il contenuto empirico e la loro mutua relazione devono trovare la loro rappresentazione nelle conclusioni della teoria. Nella possibilità di tale rappresentazione sta il solo valore e giustificazione dell'intero sistema e specialmente dei concetti e principi fondamentali che stanno alla base. A parte ciò questi ultimi sono libere invenzioni dell'intelletto umano, che non possono essere giustificate né dalla natura di questo intelletto, né in un'altra maniera a priori. (Trad. nostra)

Sulla stessa rivista McCrea torna a discutere il problema della storia e dello statuto delle teorie cosmologiche nel 1939 [17], allorché egli difende l'approccio di Milne, attribuendogli una procedura ipotetico-deduttiva. Ovvero assunzione a priori del principio cosmologico e controllo a posteriori della sua validità sulla base della comparazione del modello di universo così costruito con l'universo dell'esperienza (p. 151, trad. nostra). In realtà, benché McCrea abbia chiara la natura del metodo ipotetico-deduttivo che forse aveva evinto anche dall'articolo di Einstein di cinque anni prima, l'affermazione che segue secondo cui lo stesso Milne ne sarebbe consapevole è dubbia. Infatti quest'ultimo nel suo celebre libro del '35 [6] afferma:

Se dobbiamo aspettarci o meno che l'universo sia rappresentabile mediante un sistema che soddisfa il principio cosmologico è una questione metafisica. [...] La mia opinione privata è che l'universo deve soddisfare il principio cosmologico, perché sarebbe impossibile per un atto di creazione ottenere qualcosa di diverso. [...] Con Dio non tutto è possibile. (p. 69, trad. nostra)

Gli anni Quaranta e Cinquanta di certo non sono stati molto vivaci sia per la relatività generale che per la cosmologia⁷. È il periodo in cui si afferma la teoria dello stato stazionario di Bondi, Gold e Hoyle, che nega l'evoluzione dell'universo, ipotizzando l'infinità e l'eternità dell'universo e la creazione di nuova materia. La posizione di Bondi, così come è ricostruita da Gale e Urani [20] sarebbe stata influenzata dal falsificazionismo di Popper e rispetterebbe in pieno il metodo ipotetico-deduttivo. Bondi assume il principio cosmologico *perfetto*, cioè la tesi secondo cui non solo l'universo è omogeneo e isotropo, ma ugua-

⁷Si veda ad esempio Ref. [19]

le nel tempo, esattamente come Einstein aveva ipotizzato nel '17 e negato nel saggio già citato del '32 spinto da Hubble. Di fatto anche Bondi sarà costretto ad abbandonare il suo punto di vista, anche a seguito della scoperta della radiazione di fondo nel 1965 da parte di Penzias e Wilson [22], che conferma invece, la teoria del big bang e quello che diventerà il modello cosmologico standard.

Gli anni Settanta sono un momento di rinascita per la relatività generale e per la cosmologia. Vediamo, ad esempio, che cosa sostiene Weinberg nel suo importante trattato del 1973:

Però la ragione effettiva per la nostra adesione al principio Cosmologico non è che sia sicuramente corretto, ma piuttosto che ci permette di fare uso dei dati molto limitati che l'astronomia osservativa fornisce alla cosmologia. Se facciamo una qualsiasi assunzione più debole, come nei modelli anisotropi o gerarchici, allora la metrica conterrebbe così tante funzioni indeterminate (sia se usiamo che se non usiamo le equazioni di campo), che i dati sarebbero del tutto inadeguati per stabilire la metrica. D'altra parte adottando la cornice matematica piuttosto restrittiva descritta in questo capitolo abbiamo una effettiva possibilità di confrontare la teoria con l'osservazione. Se i dati non si adattano a questa cornice, potremo concludere che o il Principio Cosmologico oppure il Principio di equivalenza sono sbagliati. Nulla può essere più interessante. (p. 480)

Tuttavia negli ultimi quaranta anni, a seguito della raccolta di dati sempre più ampia⁸ sulla radiazione cosmica di fondo (CBR), che hanno confermato la sua isotropia fino a 1 parte su 10^5 , il punto di vista induttivista o radicalmente empirico, alla Dingle, che non era mai morto, ha ripreso fiato. Abbastanza paradigmatico del nuovo atteggiamento è il ragionamento proposto da Ellis, autorevole cosmologo, nella sua voce dell' *Handbook of philosophy of physics* (2007, pp. 1220ss.). L'universo visibile è di circa 10 miliardi di anni luce. D'altra parte noi, guardando lontano nello spazio, di fatto stiamo anche osservando nel nostro cono luce passato, ovvero, da un lato non abbiamo informazioni su ciò che capita al di fuori del nostro cono luce, dall'altro, ciò che veniamo a sapere sugli oggetti astronomici riguarda come erano e non come sono. Ciò malgrado abbiamo serie di dati che ci fanno pensare che a livello di 300 milioni di anni luce da noi, a differenza

⁸Si veda il recentissimo articolo di D. Saddeh et al. [23].

di quanto capita nel nostro sistema solare, nella Via Lattea e nell'ammasso di galassie di cui facciamo parte, la distribuzione della materia sia omogenea. Non solo, come abbiamo già detto, la radiazione di fondo è fortemente isotropa.

Questi dati osservativi non sono sufficienti, però, a giustificare empiricamente l'assunzione dell'isotropia e dell'omogeneità. Ricordiamo che l'omogeneità non implica l'isotropia, tuttavia l'isotropia rispetto a tutti i punti implica l'omogeneità. Inoltre teniamo conto che per noi è impossibile ottenere dati osservativi da un altro punto dell'universo. Visto che stiamo parlando di un cono luce di 10 miliardi di anni luce, anche se ci spostassimo per 20mila anni alla velocità della luce non saremmo in un altro luogo dell'universo.

Per passare dai nostri limitati dati osservativi, che ci suggeriscono l'isotropia e l'omogeneità, al principio cosmologico dobbiamo assumere quello che viene chiamato "principio copernicano": noi non ci troviamo in una posizione privilegiata dell'universo.

Il principio copernicano viene spesso legittimato mediante due argomenti storico-filosofici: Copernico, Bruno e Cusano hanno sgretolato l'immagine del cosmo tolemaico-aristotelico, secondo la quale la Terra e l'uomo sarebbero al centro dell'universo. Non bisogna quindi ritenere che noi siamo in una posizione particolare dell'universo, dunque vale il principio copernicano.

In realtà questo argomento è basato su una *quaternion terminorum*: infatti il termine "privilegiato" può voler dire due cose differenti: 1. essere al centro; 2. non essere in una posizione tipica, cioè da cui si osserva (nella media) qualcosa di speciale. La storia dell'astronomia ha dimostrato solo che la prima affermazione è sbagliata, non la seconda. Per capirci: siamo nel deserto del Sahara, in un punto qualsiasi: benché la probabilità che ci troviamo esattamente al centro geometrico della regione sia molto piccola, la probabilità che ci troviamo in un punto in cui si vedono (in media) cose che da un altro punto non si possono osservare è molto più alta. Infatti è chiaro che se siamo al centro del deserto vediamo solo sabbia, ma se ci troviamo non lontano dai limiti del deserto il paesaggio sarà molto più variegato. In altre parole, c'è un solo punto che è il centro geometrico del deserto, ce ne sono molti dai quali la visione

è omogenea e molti dai quali la visione è disomogenea. Quindi anche se la probabilità di trovarsi al centro dell'Universo è quasi nulla, quella di trovarsi in un punto che vede un particolare tipo di prospettiva è molto più alta.

Secondo argomento. Non abbiamo ragioni per ritenere che la nostra prospettiva sia diversa dalle altre. Anche questa è una fallacia. Non bisogna confondere il "non avere ragioni per credere che..." dal "avere ragioni per credere che non...". Non avere ragioni non è una buona giustificazione. A meno che non assumiamo già l'omogeneità e l'isotropia in tutti i punti dello spazio-tempo⁹.

Non siamo riusciti a trovare buoni argomenti a favore del principio copernicano se non un aprioristico desiderio di simmetria.

Dunque la giustificazione semi-empirica proposta da Ellis e da molti altri non è convincente. Lo stesso Ellis [25] si rende conto in fondo di questa situazione e conclude: *la geometria di Robertson-Walker [cioè l'omogeneità e l'isotropia dello spazio-tempo] per l'universo poggia su una plausibile assunzione filosofica. La deduzione dell'omogeneità dello spazio non segue direttamente dai dati astronomici.* (p. 1226)

Inoltre per ora non abbiamo dati su che cosa ci sta dietro alla CBR¹⁰, cioè su che cosa sia accaduto prima del disaccoppiamento fra materia e radiazione avvenuto circa 380mila anni dopo il big bang. Infine l'isotropia al momento del disaccoppiamento non implica l'isotropia in un qualsiasi altro momento della storia dell'universo.

Anche altri cosmologi, muovendo da una prospettiva induttivista, alla fine sono costretti a cadere nell'apriorismo. Paradigmatico è il caso di Wolfgang Rindler, che dopo pagine molto belle sulle basi empiriche della cosmologia e in particolare del principio cosmologico, conclude:

La richiesta a priori dell'omogeneità di un modello cosmologico si chiama principio cosmologico - sebbene un nome migliore sarebbe 'assioma cosmologico'. Esso è talvolta formulato in modo impreciso dicendo che ogni galassia è equivalente a ogni altra. Esso elimina modelli di per sé ragionevoli come gli universi isola, nei quali le galassie di confine sono atipiche,

⁹Questo è il famoso "principio di ragion insufficiente" o "principio di indifferenza", discusso nel calcolo delle probabilità da Laplace e Keynes. Si veda [24].

¹⁰Forse la recente rilevazione diretta delle onde gravitazionali renderà possibile in futuro un'astrofisica basata su di esse.

oppure universi 'gerarchici' dove le galassie formano ammassi, gli ammassi formano super-ammassi e così via all'infinito, perché allora nessuna regione sarebbe abbastanza ampia da essere tipica. L'omogeneità è un'ipotesi semplificatrice di grande potenza. Mentre i modelli di universo non omogenei ci coinvolgono in questioni globali, la bellezza dei modelli omogenei è che essi possono essere studiati per lo più localmente: ogni loro parte è rappresentativa del tutto. L'assunzione dell'anisotropia in ogni punto è anche più forte. Come abbiamo visto nella sezione precedente essa implica l'omogeneità. Noi la accettiamo come un'ipotesi di lavoro sostenuta dalle evidenze empiriche. ([26] p. 358)

Dove si vede come il grande fisico teorico oscilla fra apriorismo ed empirismo, senza aver chiaro il carattere ipotetico-deduttivo del principio cosmologico.

Molto più esplicita invece, la posizione di un altro grande cosmologo, Jim Peebles, che proprio ribattendo a Ellis, osserva:

Noi dobbiamo convivere con il fatto che le osservazioni a grande distanza saranno sempre schematiche. [...] La consolazione, se ce ne è una, è che l'immagine del mondo messa assieme dai soli dati non è un modello realistico per nessun ramo della fisica. È passato molto tempo da quando la gente affermava con Newton che non si formulano ipotesi. Cioè che essi lavoravano muovendo dall'empiria verso la teoria. Questa non è mai stata l'intera verità ed è molto lontano dal modo in cui procede oggi la scienza. [...] Abbiamo imparato da questa [la meccanica quantistica] scienza fisica straordinariamente riuscita la tattica della convalida mediante controllo indiretto. Questo è il modo in cui si fa scienza e il modo in cui la cosmologia opera. ([27] p. 9)

Concludendo, l'osservazione di Gale [11] secondo cui oggi è ovvio che la fisica procede mediante un metodo ipotetico-deduttivo non è scontata. E va ribadito con forza che lo statuto epistemologico del principio cosmologico è appunto quello di un'ipotesi molto audace che assieme all'applicazione della relatività generale all'universo come sistema fisico produce conseguenze sperimentalmente controllabili, come la CBR e le quantità dei diversi tipi di atomi presenti nell'universo. Come in molti altri casi, un dato sperimentale che non concorda con le previsioni - come in un certo senso è stata la relativamente recente scoperta che l'espansione dell'universo

sta accelerando o come la presenza di lenti gravitazionali là dove non le avremmo aspettate in base alla materia che siamo in grado di rivelare - mette in discussione per *modus tollens* almeno una di tutte le assunzioni che abbiamo fatto¹¹.

Il grande fascino della cosmologia scientifica nata cento anni fa sta proprio in questo straordinario dialogo mediato da ipotesi e deduzioni fra teoria e dati osservativi concernenti la natura e l'origine dell'universo in cui viviamo.



- [1] A. EINSTEIN: "Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie", *Annalen der Physik* **55** (1918) 241-244.
- [2] A. EINSTEIN: "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie", *Annalen der Physik* **354** (1916) 769-822..
- [3] W. DE SITTER: "On Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences", *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* **76** (1917) 699-728.
- [4] A. Einstein, *Kosmologische betrachtungen zur allgemeine Relativitätstheorie*, Sitzungsberichte der königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, (1917) pp. 142-152.
- [5] M. MERLEAU-PONTY: *Cosmologie du XXe siècle*. Gallimard, Paris (1965). (trad. it. *Cosmologie del secolo XX*, Il Saggiatore, Milano, 1974).
- [6] E. A. MILNE: *Relativity, gravitation and world structure*. Clarendon Press, Oxford (1935).
- [7] A. Einstein A. *Zum Kosnologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie*, Verlag der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften, Sitzung vom 16 April 1931, (1932) pp. 235-37.
- [8] C. Smeenk *Einstein's role in the creation of relativistic cosmology*, in *The Cambridge companion to Einstein*, a cura di M. Jaansen, C. Lehner, Cambridge University Press, (2014) Cambridge.
- [9] H. DINGLE: "Modern Aristotelianism", *Nature* **139** (1937) 784-786.
- [10] H. DINGLE: "Deductive and inductive methods in science: A reply", *Nature, Supplement* **139** (1937) 1011-1012.
- [11] G. Gale, *Cosmology: Methodological Debates in the 1930s and 1940s*, (2015), <http://plato.stanford.edu/entries/cosmology-30s/>.
- [12] A. KOYRÉ: *Studi newtoniani*. Einaudi, Torino (1972).
- [13] L. GEYMONAT: *Galileo Galilei*. Einaudi, Torino (1969).
- [14] C. HUYGENS: *Traité de la lumière*. Gauthier-Villars, Paris (1920).

¹¹Ricordiamo che il *modus tollens* ha in generale la forma "A e B e ... implicano Z, non Z, quindi, implica non A o non B oppure...".

- [15] J. LOSEE: *A historical introduction to philosophy of science*. Oxford University Press, Oxford (1993).; trad. It. *Filosofia della scienza*, Il Saggiatore, Milano, (2001).
- [16] W. H. McCREA: "Physical Science and Philosophy", *Supplement to Nature* **139** (1937) 1001-1002..
- [17] W. H. McCREA: "The evolution of theories of space-time and mechanics", *Philosophy of Science* **6** (1939) 137-162.
- [18] A. EINSTEIN: "On the Method of Theoretical Physics", *Philosophy of Science* **1** (1934) 163-169.
- [19] G. MACCHIA: "La cosmologia relativistica, 1917-1965", *Giornale di astronomia* **24** (2016) 24-31.
- [20] G. Gale G., J. Urani J. (1999), *Milne, Bondi and the 'second way' to cosmology*, in H. Goenner, J. Renn, J. Ritter, T. Sauer, a cura di, *The expanding worlds of general relativity*, *Einstein Studies*, vol. 7, (1999), 343-375.
- [21] S. WEINBERG: *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*. Wiley & Sons, New York (1973).
- [22] A. A. PENZIAS AND R. W. WILSON: "A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s", *Astrophysical Journal* **142** (1965) 419-421.
- [23] D. SADDEH, S. M. FEENEY, A. PONTZEN, H. V. PEIRIS, J. D. McEWEN: "How isotropic is the universe?", *Physical Review Letters* **117** (2016) 131302.
- [24] M. STREVEN: "Inferring probabilities from symmetries", *Nous* **32** (1998) 231-246.
- [25] G. F. R. Ellis *Issues in the Philosophy of Cosmology* in: J. Butterfield, J. Earman (eds.), *Philosophy of Physics* Elsevier, Amsterdam (2007).
- [26] W. RINDLER: *Relativity: Special, General, and Cosmological*. Oxford University Press, Oxford (2006).
- [27] P. J. E. PEEBLES: *Principles of Physical Cosmology*. Princeton University Press, Princeton (1993).



Vincenzo Fano: insegna Logica e Filosofia della scienza nell'Università di Urbino, studioso di Storia e Filosofia della fisica nonché di Storia e Filosofia della psicologia; la sua ricerca si è concentrata soprattutto sul problema del rapporto fra modelli matematici, esperienza e realtà. Autore di più di 100 articoli pubblicati in Italia e all'estero, di *Filosofia dell'evidenza*, CLUEB, 1993, *L'orologio di Einstein*, CLUEB 2002, *Comprendere la scienza*, Liguori 2005, *I paradossi di Zenone*, Carocci 2012. È membro effettivo dell'Académie Internationale des Philosophie de la science.

Giovanni Macchia: laureato in Astronomia all'Università di Bologna, ha conseguito il dottorato in Scienze Umanistiche all'Università di Urbino, ed è stato post-doc alla *University of Western*

Ontario. Ha pubblicato per riviste quali *Synthese*, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, *Foundations of Science*. Si occupa principalmente di filosofia della scienza, in particolare di filosofia della fisica e di filosofia e storia della cosmologia moderna. Sta attualmente lavorando a una *Introduzione alla filosofia della cosmologia moderna* per Carocci.

Scienza senza certezze

Dario Antiseri

LUISS – Libera Università Internazionale di Studi Sociali – Roma

Albert Einstein: “Nel campo di coloro che cercano la verità non esiste autorità umana. E chiunque tenti di fare il magistrato viene travolto dalle risate degli Dei”. Le pagine che seguono intendono essere un commento, su base logica ed epistemologica, di questo pensiero di Einstein. Tutta la ricerca scientifica-ovunque venga praticata (in fisica e in storiografia, in biologia come in economia, in chimica come in filologia) – si risolve in tentativi di soluzioni di problemi tramite la proposta di congetture che, per quante conferme possano aver ricevute, restano sempre sotto assedio. La ricerca scientifica avanza per congetture e confutazioni e “l’errore commesso, individuato ed eliminato è il debole segnale rosso che ci permette di venir fuori dalla caverna della nostra ignoranza” (K.R. Popper). Due conseguenze: a) Razionale non è un uomo che voglia avere ragione, ma un uomo che vuole imparare — imparare dai propri errori e da quelli altrui; b) “Il compito di gran lunga più difficile e di primaria importanza per la ragione umana è quello di comprendere razionalmente le proprie limitazioni” (F. A. von Hayek)

A. Einstein: “Mai può venire dimostrata la verità di una teoria”

Sono i problemi, dice A. Einstein, a mettere in moto la ricerca. E, in effetti, «chi non è più in grado di provare né stupore né sorpresa è per

così dire morto; i suoi occhi sono spenti» ([1] p. 39-40). Ma per giungere alle teorie, proposte come tentativi di soluzione dei problemi, non c’è nessun metodo induttivo che tenga: le teorie - afferma Einstein - «non si possono ottenere attraverso una distillazione delle esperienze vissute mediante un qualsiasi metodo induttivo, ma esclusivamente attraverso la libera invenzione» ([2] p. 74). Certo, «si può organizzare l’applicazione delle scoperte già fatte, ma non il processo che ne permette anche una sola» ([3] p. 159) e questo perchè «non c’è nessun cammino logico» ([4] p. 60), «non esiste alcun metodo induttivo che possa condurre ai concetti fondamentali della fisica» ([2] p. 96). Le ipotesi, dunque, sono «creazioni dell’intelletto umano» ([5] p. 301), le quali poi vanno controllate sulla base delle loro conseguenze osservative: «aneliamo a che i fatti osservati discendano logicamente dalla nostra concezione della realtà» ([5] p. 303), è l’esperienza a costituire «l’alfa e l’omega di tutto il nostro sapere intorno alla realtà» ([6] p. 67), e se l’esperienza va contro la teoria, è la teoria, in genere, che va abbandonata» ([7] p. 122). È noto che per quanto riguarda i principi, la teoria della gravitazione di Einstein si allontana notevolmente dai principi della teoria newtoniana. Sui risultati pratici, tuttavia, le due teorie concordano così da vicino che era difficile trovare prove sperimentali di differenze sensibili. In *Cos’è la teoria della relatività?* [7] Einstein espone tre di queste differenze sperimentali della propria teoria nei confronti della meccanica di Newton: «1. La rotazione delle ellissi delle orbite planetarie intorno al Sole (constatata su Mercurio); 2. La curvatura dei raggi luminosi attraverso i campi di gravitazio-

ne (constatata su fotografie dell'eclissi solare); 3. Uno spostamento verso il rosso dei raggi spettrali della luce che ci inviano le stelle di massa importante» [7].

Ebbene, la teoria della relatività costituisce un tutto logico: è dalle sue premesse o principi teorici che derivano le conseguenze ora elencate - e «se una sola delle sue conseguenze apparisse inesatta, bisognerebbe abbandonarla, ogni cambiamento sarebbe impossibile senza scuotere tutto l'edificio» [7]. L'idea di controllo falsificazionista di una teoria non poteva forse trovare una formulazione migliore. In ogni caso, è in un breve articolo apparso il 25 dicembre 1919 sul «Berliner Tageblatt» e dal titolo *Induktion and Deduktion in der Physik* che Einstein concentra i nuclei essenziali della sua teoria della scienza. Scrive, dunque, Einstein: «L'immagine più semplice che ci si può formare dell'origine di una scienza empirica (*Erfahrungswissenschaft*) è quella che si basa sul metodo induttivo. Fatti singoli vengono scelti e raggruppati in modo da lasciare emergere con chiarezza la relazione legiforme che li connette. Tramite il raggruppamento di queste regolarità è possibile conseguire ulteriormente regolarità più generali, fino a configurare - in considerazione dell'insieme disponibile dei singoli fatti - un sistema più o meno unitario, tale che la mente che guarda le cose a partire dalle generalizzazioni raggiunte per ultimo potrebbe, a ritroso, per via puramente logica, pervenire di nuovo ai singoli fatti particolari [...]. I progressi veramente grandi della conoscenza della natura si sono avuti seguendo una via quasi diametralmente opposta a quella dell'induzione. Una concezione (*Erfassung*) intuitiva dell'essenziale di un grosso complesso di cose porta il ricercatore alla proposta (*Aufstellung*) di un principio (*Grundgesetz*) ipotetico o di più principi di tal genere. Dal principio (sistema di assiomi) egli deduce per via puramente logico-deduttiva le conseguenze in maniera più completa possibile. Queste conseguenze estraibili dal principio, spesso tramite sviluppi e calcoli noiosi, vengono poi messe a confronto con le esperienze e forniscono così un criterio per la giustificazione (*Berechtigung*) del principio ammesso. Il principio (assiomi) e le conseguenze formano insieme quella che si dice una "teoria". Ogni persona colta sa che i più grandi progressi della conoscenza della natura -

ad esempio, la teoria della gravitazione di Newton, la termodinamica, la teoria cinetica dei gas, l'elettrodinamica moderna, ecc. - hanno tutti avuto origine per questa via, e che il loro fondamento è di natura ipotetica. Il ricercatore parte dunque sempre dai fatti, il cui nesso costituisce lo scopo dei suoi sforzi. Ma egli non perviene al suo sistema teorico per via metodica, induttiva; egli, piuttosto, si avvicina ai fatti tramite una scelta intuitiva tra teorie pensabili basate su assiomi. Una teoria può ben venir riconosciuta come sbagliata, qualora ci sia un errore logico nelle sue deduzioni, o può venir riconosciuta come inadeguata (*unzutreffende*) allorchè un fatto non si accorda con una delle conseguenze. Ma mai può venir dimostrata la verità di una teoria. E ciò perchè mai si sa se anche nel futuro non si scoprirà nessuna esperienza che contraddica le sue conseguenze; e sono sempre pensabili altri sistemi di pensiero, in grado di connettere gli stessi fatti dati. Se sono a disposizione due teorie, entrambe compatibili con il materiale fattuale dato, allora non esiste nessun altro criterio per preferire l'una all'altra che lo sguardo intuitivo del ricercatore. È così che si capisce come acuti ricercatori, i quali dominano teorie o fatti, possono tuttavia essere appassionati sostenitori di teorie opposte. In questa agitata epoca io sottopongo al lettore le presenti brevi, oggettive, considerazioni, giacchè io sono dell'avviso che per mezzo della silenziosa dedizione a scopi eterni, comuni a tutte le culture umane, si può oggi essere più attivamente utili al risanamento politico che attraverso le trattazioni e le professioni politiche» ([8] pp. 70-72).

Asimmetria logica tra conferma e smentita delle asserzioni universali

L'ipotesismo, vale a dire l'idea che nella ricerca scientifica sia necessaria la formulazione di ipotesi, vanta una lunga tradizione. Ma va subito precisato che è il *fallibilismo* la forma contemporanea maggiormente articolata dell'ipotesismo. *Fallibilismo*, inteso nel senso che *nella scienza nulla vi è di certo*: nè gli asserti generali nè gli asserti singolari. Incerte, in primo luogo - come ribadito tante volte anche nel passato - le teorie univer-

sali. A tal proposito è necessario comprendere quella che Popper ha chiamato asimmetria logica tra conferma e smentita di una teoria: «asimmetria che risulta dalla forma logica delle asserzioni universali. Queste, infatti, non possono mai essere derivate da asserzioni singolari, ma possono venir contraddette da asserzioni singolari. Di conseguenza, è possibile, per mezzo di inferenze puramente deduttive (con l'aiuto del *modus tollens* della logica classica), concludere dalla verità di asserzioni singolari alla falsità di asserzioni universali» ([9] p.23 [10] p. 197-205). Questo equivale a dire che miliardi di conferme non rendono certa una teoria, mentre - *dal punto di vista logico* - è sufficiente un solo fatto negativo per distruggerla. Abbiamo accettata per vera o, comunque, come valida la generalizzazione stando alla quale «*tutti i cigni sono bianchi*» finché non si sono visti i cigni neri d'Australia. Sino a Poincaré si è pensato che la meccanica di Newton fosse una teoria indistruttibile; oggi, dopo Einstein, le cose appaiono in una luce ben diversa. In ogni caso, è logicamente impossibile dimostrare vera, assolutamente vera, qualsiasi teoria; mentre è logicamente possibile *smontare*, a suon di fatti contrari, una teoria. E siccome non possiamo *verificare* (fare vera) una teoria, dobbiamo tentare di *falsificarla* (farla falsa). Di conseguenza, *se* ci preme il progresso della scienza, *se* ci sta davvero a cuore l'incremento di quello *scopo irrazionalmente scelto* che è il raggiungimento di teorie sempre più ricche di contenuto informativo (esplicativo e previsivo), *allora* dobbiamo tentare di falsificare ogni e qualsiasi teoria; dobbiamo trovare crepe nelle teorie, trovare errori: e ciò per la ragione che prima si trova un errore, prima la comunità scientifica è posta nella stringente necessità di inventare e mettere a prova una nuova teoria, una teoria migliore. In tal modo l'individuazione e il superamento o correzione dell'errore si trasformano nel motore della scienza.

Evitare l'errore - ha scritto Popper - è un ideale meschino ([11] p. 242): se ci confrontiamo con problemi difficili, l'errore è forse inevitabile. Certo, sbagliare è umano; ma ancor più tipicamente umano è apprendere dagli errori, nostri e altrui. È qui - sottolinea ancora Popper - una delle differenze tra l'animale e l'uomo, tra l'ameba ed Einstein: «Einstein, diversamente dall'ame-

ba, cerca consapevolmente di fare del tutto, ogni qualvolta gli capita una nuova soluzione, di coglierla in fallo e di scoprire in essa un errore: egli tratta o si avvicina alle proprie soluzioni *criticamente*» ([11] p. 322). Vuole trovare errori, perché intende eliminarli.

Le teorie scientifiche sono e restano in stato d'assedio. E c'è da ricordare che non esiste un metodo o una procedura meccanica per scoprire una nuova teoria: le teorie si scoprono nel senso che vengono inventate, sono frutto di sforzi creativi e non l'esito di procedimenti di routine. «Ogni scoperta contiene un elemento "irrazionale" o "un'intuizione creativa" nel senso di Bergson» ([9] p.11). Il problema di come si pervenga a nuove teorie è differente dalla questione riguardante la validità di una teoria. E se si arriva a una congettura bevendo caffè o tè, o whisky o birra o mentre si fuma o allorché si osserva e si ripetono le osservazioni, «ebbene, tutto ciò non ha alcuna importanza» ([12] p. 81 [11] p.6). Come l'evoluzione biologica si sviluppa attraverso mutazioni e selezioni, così la scienza avanza tramite la creazione di nuove congetture e la selezione di queste attraverso controlli empirici: nell'evoluzione biologica e nell'evoluzione della scienza esistono, dunque, il caso e la necessità. E questo è il nocciolo teorico dell'*epistemologia evolutivista*¹. Le idee buone (per la soluzione dei problemi) vengono fuori, di volta in volta, se esistono, dai controlli effettuati tra la proliferazione delle idee *nuove*.

Dunque, non vi è alcun metodo per trovare una nuova teoria; non c'è nessun metodo per accertare la verità di una teoria; non c'è alcun metodo per accertare se un'ipotesi universale è "probabile" o "probabilmente vera", giacché «considerando che ogni ipotesi universale h va talmente al di là di qualunque evidenza empirica e , la sua probabilità $p(h, e)$ rimarrà sempre pari a zero, perché l'ipotesi universale afferma qualcosa relativamente a un numero infinito di casi, mentre il numero dei casi osservati non può essere che finito» ([10] p. 325).

¹Cfr. al riguardo *L'evoluzione e l'albero della conoscenza* in [11] pp. 341-376; *Nuvole e orologi* in [11] pp. 316 ss.; Ref. [13].

Le teorie scientifiche hanno una base, ma non un fondamento

Sia considerazioni logiche sia conoscenze di storia della scienza rendono comprensibile con una certa facilità la concezione fallibilistica della scienza: le teorie scientifiche, tutte le teorie scientifiche, sono e restano smentibili. Tuttavia, tale motivata consapevolezza potrebbe ancora accompagnarsi all'idea per cui i *fatti* che smentiscono o corroborano le teorie scientifiche costituiscono una stabile roccia, la parte o base incontestabile dell'imponente edificio della scienza.

Ebbene, qui c'è subito da far presente che l'epistemologia contemporanea, a partire da Pierre Duhem ed Henri Poincaré ([14] pp. 218-219 e 233) per giungere alla proposta epistemologica di Paul K. Feyerabend, ha frantumato il mito *della sacralità dei fatti*. Certo, le teorie scientifiche poggiano sui *fatti*, ma questi non sono una roccia indistruttibile. In altri termini, la scienza ha sì una base, ma questa base non è un *fondamento certo*. Si può in qualche modo sostenere che i «*fatti*», cioè le basi della scienza, o ancor meglio le asserzioni che per quanto ne sappiamo descrivono fatti, *sono artefatti che vengono continuamente rifatti tramite demolizioni e ricostruzioni teoriche*. Essi non sono dati immutabili ma «costrutti» che hanno una storia: una genesi, uno sviluppo, mutazioni, e talvolta anche una morte. Ciò che oggi noi chiamiamo *fatto*, ieri era una teoria. L'atomo è quel fatto di volta in volta descritto, in modo diverso, dalla teoria. Così come la sifilide - si veda al riguardo il libro di L. Fleck *Genesi e sviluppo di un fatto scientifico* [15] - è quel fatto che nasce e muta (e seguirà a mutare) attraverso costruzioni e demolizioni teoriche. E i fatti muoiono anche: Lavoisier fece scomparire il flogisto dall'universo della chimica; Einstein ha eliminato l'etere dal mondo dei fatti. E il Rinascimento è un fatto o un concetto? La realtà è che il Rinascimento non esistette finché Jules Michelet non lo inventò. E Michelet creò questo grande fatto che è il Rinascimento nel 1840 ([16] p. 63). Affermavano i Medievali: *talia sunt obiecta qualia determinantur a suis praedicatis* ([17] pp. 146-147). E Popper scrive: «Dunque la base empirica delle scienze oggettive non ha in se nulla di "assoluto". La scienza non posa su un solido strato di roccia. L'ardita struttura delle sue teorie

si eleva, per così dire, sopra una palude. È come un edificio costruito su palafitte. Le palafitte vengono conficcate dall'alto, giù nella palude: ma non in una base naturale "data"; e il fatto che desistiamo dai nostri tentativi di conficcare più a fondo le palafitte non significa che abbiamo trovato un terreno solido. Semplicemente, ci fermiamo quando siamo soddisfatti e riteniamo che almeno per il momento i sostegni siano abbastanza stabili da sorreggere la struttura» ([9] pp. 107-108). In breve: «la nostra conoscenza ha fonti di ogni genere, ma nessuna ha *autorità*» ([18] p.72).

Nella scienza, dunque, nulla vi è di certo e assoluto: nè gli asserti universali (le ardite teorie) nè gli asserti singolari (quelle proposizioni che, per quanto ne sappiamo, descrivono *fatti*). Questo ha precisato Popper sulla linea di argomentazioni logiche e di considerazioni di natura epistemologica. E se noi volgiamo la nostra attenzione all'epistemologia post-popperiana, a quella che è l'epistemologia «storicamente orientata» di Thomas S. Kuhn, I. Lakatos e P.K. Feyerabend, vediamo allora che la *fallibilità* delle teorie scientifiche che si susseguono nello sviluppo storico della scienza - spesso tortuoso, e talvolta contrastato - viene addirittura accentuata. E ancora da un punto di vista logico: «Noi siamo praticamente certi, in base alla nostra esperienza storica, che ogni teoria empirica oggi accettata sarà prima o poi respinta e sostituita da un'altra» ([19] p.62) Di nuovo Popper: «*la scienza è fallibile, perchè la scienza è umana*» ([20] p. 496) Più esattamente: «Tutta la conoscenza rimane fallibile, congetturale. Non esiste nessuna giustificazione, compresa, beninteso, nessuna giustificazione definitiva, di una confutazione» ([10] p. 24); «tutta la nostra conoscenza è interpretazione alla luce delle nostre aspettative, delle nostre teorie, ed è perciò, in un modo o nell'altro ipotetica» ([10] p. 124).

Il metodo scientifico si risolve in tre parole: problemi – teorie – critiche

«La mia concezione del metodo della scienza - afferma K.R. Popper - è semplicemente questa: esso sistematizza il metodo prescientifico dell'imparare dai nostri errori: lo sistematizza grazie

allo strumento che si chiama discussione critica. Tutta la mia concezione del metodo scientifico si può riassumere dicendo che esso consiste in questi tre passi:

1. inciampiamo in qualche problema;
2. tentiamo di risolverlo, ad esempio, proponendo qualche nuova teoria;
3. impariamo dai nostri sbagli, specialmente da quelli che ci sono resi presenti dalla discussione critica dei nostri tentativi di risoluzione.

O, per dirla in tre parole: *problemi-teorie-critiche*.

Credo che in queste tre parole: problemi-teorie-critiche, si possa riassumere tutto quanto il modo di procedere della scienza razionale» [21].

Dunque: per Popper, tutto quanto il modo di procedere della scienza razionale consiste nel proporre ipotesi quali tentativi di soluzione dei problemi, ipotesi da sottoporre a severi controlli al fine di scoprire in esse eventuali errori da correggere tramite la proposta di altre ipotesi anch'esse da controllare, e così via. Questo metodo vale per tutta la scienza razionale: in ogni angolo della ricerca, ovunque ci siano problemi da risolvere (in fisica, in linguistica, in biologia e in economia, in sociologia e in chimica, nell'interpretazione e nella traduzione di un testo e in astrofisica ecc.) non possiamo fare altro che inventare congetture per poi metterle alla prova. Ancora Popper (nel saggio *Teoria del pensiero oggettivo*): «Elaborare la differenza fra scienza e discipline umanistiche è stato a lungo una moda ed è diventato noioso. Il metodo di risoluzione dei problemi, il metodo delle congetture e confutazioni sono praticati da entrambe. È praticato nella ricostruzione di un testo danneggiato, come nella costruzione di una teoria della radioattività» ([11] p.242). Parlando di Gadamer, sempre Popper ha sostenuto: «Io ho mostrato che l'interpretazione di testi (ermeneutica) lavora con metodi schiettamente scientifici» ([22] p. 353) E da ultimo: «Il metodo delle scienze sociali, come anche quello delle scienze naturali, consiste nella sperimentazione di tentativi di soluzione per i loro problemi [...]» ([23] p.107).

Dunque: siamo razionali nella scienza perchè siamo critici, e siamo critici per la ragione e nel

senso che sottoponiamo le nostre teorie o ipotesi al più severo controllo al fine di vedere se esse sono false. Tentiamo di falsificare, di mostrare false, le nostre congetture per sostituirle, se ci riusciamo, con teorie migliori - nella consapevolezza che, per motivi logici, non ci è possibile dimostrare vera, assolutamente vera, nessuna teoria, anche la meglio consolidata. È così che si garantisce l'*oggettività* dei risultati della ricerca, seguendo in modo scrupoloso e con il maggior rigore le regole del metodo. *Oggettività, pertanto, che equivale a controllabilità* di una teoria e non al possesso della certezza. Il fallibilismo sfugge, in tal modo, sia al dogmatismo sia allo scetticismo e al relativismo. Di volta in volta, nello sviluppo della ricerca scientifica, infatti, non ogni teoria vale l'altra; e di volta in volta accettiamo quella teoria che ha meglio resistito agli assalti della critica. *Il fallibilismo è la via aurea per evitare sia il soggettivismo che il relativismo*. E razionale non è un uomo che sfugge ai controlli nella presunzione di avere ragione; razionale è piuttosto un uomo che vuole imparare: imparare dai propri errori e da quelli altrui.

Unico il metodo, differenti le metodiche – cioè le tecniche di prova.

Tutta la ricerca scientifica si risolve in tentativi di soluzione di problemi. E in tre parole si riduce il metodo scientifico: problemi-congetture-severi controlli di queste congetture. Questo è il metodo del fisico ed è il metodo del biologo. Charles Darwin: «Fin dalla mia prima giovinezza ho concepito un vivo desiderio di capire o spiegare tutto ciò che osservavo, cioè di raggruppare tutti i fatti sotto leggi generali» ([24] p. 123). «È molto strano che non tutti capiscano che ogni osservazione, per avere qualche utilità, deve essere a favore o contro qualche opinione» ([24] p. 195). E il figlio di Charles Darwin, Francis, annota a proposito del padre: «Egli diceva spesso che non può essere un buon osservatore chi non sia anche un attivo teorizzatore» ([26] p. 149). E le teorie non vanno trattate come dogmi. E ancora Darwin nella sua *Autobiografia* confessa di procedere «in modo da poter rinunciare a qualunque ipotesi, anche se molto amata (e non so trattenermi dal

formularne una per ogni argomento), non appena mi si dimostra che i fatti vi si oppongono» ([24] p. 123).

Dunque: Darwin come Einstein - la ricerca avanza sulla strada delle congetture e delle confutazioni. E questo è lo stesso procedimento del clinico, come già posto in evidenza in maniera esemplare da Claude Bernard [27] e successivamente da Augusto Murri. «L'inventiva e la speculazione sono la prima qualità dello spirito umano, anche per le scienze, ma s'illudono coloro che le credono dissociabili da una grande penetrazione critica» ([28] p. 20). Le diagnosi sono congetture, sospetti che vanno messi a prova su dati anamnestici, sui sintomi, sulle radiografie, sui risultati di analisi di laboratorio, sugli esiti delle terapie. E razionale non è il medico che per salvare la diagnosi uccide il paziente; razionale è, piuttosto, il medico che, per salvare il paziente, uccide, cioè elimina, falsifica, le sue diagnosi sbagliate al fine di arrivare, sperabilmente, a quella buona. «La nostra ragione è tutt'altro che un infallibile congegno generatore di luce; è strano, ma siamo proprio noi razionalisti, che più diffidiamo di essa [...]. «La pretesa di non errar mai è un'idea da matti» [28]. Due ammonimenti sempre di Murri: «Si godano pure i metafisici i loro veri eterni, su cui ancora non si sono messi d'accordo. Noi preferiamo i nostri errori d'oggi, a noi basta sapere che questi contengono un po' più di vero degli errori di ieri» ([28] pp. 12-13). «Nella clinica come nella vita, bisogna dunque avere un preconetto, uno solo, ma inalienabile - il preconetto che tutto ciò che si afferma e che par vero, può essere falso: bisogna farsi una regola costante di criticar tutto e tutti, prima di credere; bisogna domandarsi sempre come primo dovere: "Perchè devo io credere questo?"» ([28] p. 19).

Tra congetture e confutazioni procedono fisici e chimici, medici e biologi. Ed anche gli economisti. Sull'argomento un solo riferimento, a Milton Friedman, premio Nobel per l'economia nel 1976. La funzione di una teoria economica consiste - afferma Friedman - «nello spiegare i fatti e nel prevedere le conseguenze di date variazioni del contesto economico» [29]. Per tutto ciò, «l'astrattezza, la generalità, l'eleganza della forma matematica, sono altrettante caratteristiche secondarie della teoria, da valutare anch'esse in base ai risultati dell'applicazione» [29]. Così Fried-

man nel 1949. Nel 1952, in un altro importante scritto epistemologico: *The Methodology of Positive Economics*, Friedman distingue l'economia normativa dall'economia positiva. L'economia normativa, o politica economica, è «un sistema di regole per ottenere un dato fine» ([29] p. 93), per raggiungere uno scopo che, ovviamente, è effetto di date cause, per cui essa si fonda «implicitamente o esplicitamente sull'economia positiva» [29]. E questa si risolve in teorie o ipotesi in grado di generare «predizioni valide e significative (e cioè non tautologiche) intorno a fenomeni non ancora osservati» [29]. In altri termini, «la teoria deve essere giudicata secondo la sua capacità previsiva rispetto alla classe dei fenomeni che essa è intesa a "spiegare". Solo la prova dei fatti può mostrare se essa sia "giusta" o "sbagliata" o, per meglio dire, se si possa in via sperimentale "accettarla" come valida oppure "rifiutarla"» [29]. In breve: «l'unica verifica rilevante della validità di una ipotesi consiste nel raffrontare le sue previsioni con l'esperienza» [29]. E non va dimenticato che «una verifica empirica non può mai convalidare un'ipotesi; può soltanto rivelarsi capace di confutarla, ed è questo che in genere intendiamo dire quando affermiamo, in modo piuttosto impreciso, che l'ipotesi è stata "confermata" dall'esperienza» [29].

“Spiegare” e “intendere” sono davvero due procedimenti differenti?

Queste considerazioni sul modo di procedere nella ricerca da parte dell'economista ci portano sulla soglia della disputa sul metodo delle scienze storiche e, più ampiamente, delle scienze storico-sociali. Una disputa che, nell'Ottocento, ha visto impegnati pensatori di prim'ordine come, tra altri, W. Dilthey, W. Windelband, H. Rickert, G. Simmel, M. Weber, G. Schmoller, e C. Menger, e poi, nel Novecento, ancora tra altri, B. Croce, R.G. Collingwood, G. Salvemini, B.K. Malinowski, J. Schumpeter, E. von Böhm-Bawerk, L. von Mises, F.A. von Hayek, H.G. Gadamer, C.-G. Hempel, K.R. Popper, E. Nagel, W. Dray, P. Gardiner. Il problema centrale del *Methodenstreit* nelle scienze sociali è stato - e da qualche parte ancora lo è - quello di stabilire se tutta la

ricerca scientifica proceda con lo stesso metodo delle *Naturwissenschaften* o se, invece, realtà create dall'uomo - dalla mente umana, dallo "spirito" umano - impongano al ricercatore una procedura di indagine differente da quella usata, e con successo, nella soluzione dei problemi relativi ad "oggetti" naturali (atomi, cellule, astri, galassie, rocce, piante, animali, ecc.). Quanti hanno sostenuto l'impossibilità di utilizzare il metodo delle scienze naturali nell'ambito delle scienze dello spirito o *Geisteswissenschaften*, lo hanno fatto sul presupposto che, mentre le scienze naturali sarebbero intese a *spiegare causalmente* (l'*Erklären*) i fenomeni della natura, le scienze umane o storico-sociali avrebbero, invece, come scopo quello di *comprendere il senso o significato* (il *Verstehen*) di un testo, di una iscrizione, di una legge, di una traccia storica, di un reperto archeologico, di un cartolario, di un trattato, di un'azione umana, di un discorso - di "oggetti", insomma, creati dalla mente umana, dallo spirito dell'uomo. Dunque: oggetti diversi imporrebbero metodi differenti di indagine.

Non è più il caso di ripercorrere la lunga storia del *Methodenstreit*, storia sostanzialmente ben nota e in più sedi e più volte raccontata. Quelli che, invece, vanno presi in considerazione sono almeno quattro filoni di ricerca che nel Novecento hanno portato, per vie indipendenti, al medesimo punto di approdo, vale a dire alla dissoluzione della tanto spesso conclamata differenza tra l'*Erklären* e il *Verstehen* e, di conseguenza, alla ragionevole proposta di una teoria unificata del metodo. Filoni di ricerca costituiti: a) dalla elaborazione del "circolo ermeneutico" proposta da Gadamer in *Verità e metodo* (1960), cui ha fatto seguito quella vasta letteratura filosofica che si è snodata attorno alla questione dell'identità tra il "metodo per trial and error" e la "procedura del circolo ermeneutico"²; b) dalla riflessione metodologica di grandi filologi come, per esempio, Paul Maas, Hermann Fränkel o Giorgio Pasquali³; c) dalle regole del metodo che storici di rilievo come Marc Bloch, Lucien Febvre, Fernand Braudel o Gaetano Salvemini hanno teorizzato al fine

²Sulla discussione che in questi ultimi cinquanta anni si è sviluppata sul problema dell'identità tra "il metodo delle congetture e delle confutazioni" e il "circolo ermeneutico" si consulti il ben informato volume [30]

³Sulla metodologia della critica testuale si vedano [30, 32, 33]

di tracciare una netta distinzione tra storiografia scientifica e storiografia ideologica, cioè non scientifica [34, 35, 36]; d) dalla serie di discussioni e dalle prese di posizione pro e contro la proposta epistemologica avanzata da C.G. Hempel nel 1942 sulla funzione delle leggi generali nella ricerca storica - funzioni che Hempel (e altri epistemologi quali K.R. Popper ed E. Nagel) vede (o vedono) essere le stesse che nelle scienze naturali [38, 39, 18, 40, 41, 42, 43].

In *Apologia della storia o mestiere di storico* Marc Bloch afferma che lo storico lavora come il fisico: il metodo dell'uno e dell'altro consiste, fondamentalmente, nel porre domande e nel tentare di dare a queste la risposta ([34] p. 93). E le risposte - le ipotesi dello storico vanno esattamente controllate come si fa in fisica; e per venir controllate di fatto devono essere controllabili di principio. «Non si ha il diritto di presentare una affermazione - scrive Bloch - se non a condizione che possa essere verificata» ([34] p. 87). E il valore di una conoscenza si può misurare «dalla premura di offrirsi in anticipo alla confutazione» [34] è in base al più severo controllo sui "fatti" vagliati che si cerca di dirimere il conflitto delle interpretazioni o ipotesi storiografiche. In questo modo ben si comprende come le molteplicità delle congetture, proposte quali tentativi di soluzione dei problemi, non è miseria ma ricchezza: ricchezza di "mutazioni" intellettuali, tra le quali - se c'è - la critica potrà scegliere quella che, all'epoca, parrà la migliore. In realtà - afferma Febvre - «all'origine di ogni acquisizione intellettuale c'è il non-conformismo. I progressi della Scienza sono frutti della discordia. Come avviene per le eresie che nutrono, sostanziano le religioni: "oportet haereses esse"» ([35] p.82)

E, dopo Bloch e Febvre, Gaetano Salvemini: «In linea di fatto - egli afferma in *Storia e scienza* - non c'è differenza essenziale fra i problemi che affronta lo scienziato nel ricostruire il passato astronomico, geologico o biologico e i problemi che affronta lo storico nel ricostruire il passato degli uomini. In entrambi i casi l'esperto ricostruisce il passato con l'aiuto di testimonianze» ([36] p. 136) E quel che varia non è il metodo che è unico, ma le tecniche di prova: «La tecnica usata dai vari indagatori può essere diversa, in quanto essi devono ricorrere ad espedienti diversi, adatti alle diverse fonti di informazione di cui dispongono,

ma il metodo di trarre informazioni dalle fonti rimane lo stesso, perchè lo spirito umano in tutte le circostanze lavora seguendo le stesse leggi del pensiero» ([36] p. 136 - 137) Ed è un abbaglio - precisa Salvemini - credere che lo scienziato, e quindi anche lo storico, non facciano uso della fantasia. «La verità è che lo scienziato ha precisamente bisogno di fantasia nell'opera sua [...]. Tutte le grandi scoperte scientifiche hanno avuto origine da qualche ardita ipotesi comprendente un vasto dominio di fatti precedentemente sconnessi. Quell'ipotesi era il frutto di una potente fantasia. Copernico e Newton furono uomini di gigantesca fantasia. Da questo punto di vista si può dire che un grande scienziato è un grande poeta» ([36] p. 152-153). Certo, la fantasia del poeta non ha da sopportare i travagli e i rigori delle prove empiriche; mentre «la scienza e un'opera di fantasia entro la quale devono trovare il loro posto tutti i fatti provati. In arte, la realtà è l'ancella della fantasia. In scienza, la fantasia è ancella della realtà» ([36] p. 153). La creatività è necessaria al ricercatore ([36] p. 154) E se «mezzi irrazionali possono condurre alla scoperta della verità, ma soltanto con metodi razionali la verità può essere provata» ([36] p. 154). E il metodo razionale consiste nel dedurre le conseguenze della ipotesi formulata dallo storico e nel metterle a confronto con i fatti: e «un solo fatto che non possa essere inquadrato distrugge la sua ipotesi»⁴. Anche qui l'idea di falsificazione logica di una teoria non poteva venire esposta in maniera più concisa ed efficace.

Scienziato il fisico, scienziato l'ermeneuta

Il 28 giugno del 1914 Gavrilo Princip a Sarajevo uccide a colpi di pistola l'arciduca Francesco Ferdinando e sua moglie Sofia. Ebbene, lo storico: descrive l'azione dell'assassino, ne indaga le cau-

⁴A questo punto è interessante notare come alcuni dei più acuti metodologi della storiografia, storici essi stessi come, per esempio, E.H. Carr o L. Febvre, fossero ben al dentro della controversia epistemologica riguardante le scienze naturali. Così, tanto perché questa affermazione non resti in sospeso, si consulti [44] p. 64 e 77 (dove l'autore si richiama a Poincaré), e [35] pp. 147 e 179 (dove Febvre parla di Claude Bernard), p. 81 (dove si accenna a Poincaré), p. 82 (dove si parla ancora di Bernard), [36] p. 160 (dove l'autore cita il volume [45]).

se, ne analizza le conseguenze. Tutto questo vuol dire comprendere il senso di simile fatto o evento storico. Ma ciò è anche quello che fa, sempre dal punto di vista metodologico, per esempio, il medico: descrivere i sintomi di un malanno, cercare di individuarne le cause, prevederne le conseguenze (sperabilmente con adeguati interventi terapeutici). Dunque: lo storico *comprende* e il medico *spiega* - si tratta di due differenti procedure o siamo, invece, davanti all'applicazione delle stesse regole metodologiche a problemi differenti?

Ora, che lo storico, il quale procede nelle sue indagini con ipotesi fattualmente controllabili, è scienziato così come lo è un fisico o un biologo è un'idea che non pare destare obiezioni. Qui, tuttavia, fa capolino un dubbio sottile: quando noi comprendiamo non un fatto o un evento storico come una rivolta o la vittoria di un partito alle elezioni politiche, ma comprendiamo il discorso di un amico o il senso di un articolo di giornale, ovvero quando esegeti biblici, papirologi o epigrafisti offrono le loro interpretazioni, questo nostro e loro comprendere è davvero una procedura non dissimile da quella praticata dal fisico alle prese con i suoi problemi, le sue congetture e i suoi controlli?

Commentando un brano di Heidegger sul "circolo ermeneutico" ([46] p. 250), Hans-Georg Gadamer afferma: «Ogni interpretazione corretta deve difendersi dall'arbitrarietà e dalle limitazioni che derivano da inconsapevoli abitudini mentali, guardando "alle cose stesse" (le quali, per i filologi, sono testi forniti di senso che a loro volta parlano di cose). Il sottomettersi in tal modo al suo oggetto non è una decisione che l'interprete prenda una volta per tutte, ma il "compito primo, permanente e ultimo". Ciò che egli ha da fare, infatti, è tener lo sguardo fermo al suo oggetto, superando tutte le confusioni che provengono dal proprio intimo stesso. Chi si mette a interpretare un testo, attua sempre un progetto. Sulla base del più immediato senso che il testo gli esibisce, egli abbozza preliminarmente un significato del tutto. E anche il senso più immediato il testo lo esibisce solo in quanto lo si legge con certe attese determinate. La comprensione di ciò che si dà da comprendere consiste tutta nella elaborazione di questo progetto preliminare, che ovviamente viene continuamente riveduto in ba-

se a ciò che risulta dall'ulteriore penetrazione del testo» ([47] pp. 313-314).

Questa, scrive Gadamer, è una descrizione estremamente sommaria del *circolo ermeneutico*. Ma da essa si intravede già con chiarezza lo schema di fondo del procedimento ermeneutico, vale a dire dell'atto interpretativo. Esistono testi forniti di senso che, a loro volta, parlano di cose; l'interprete si avvicina ai testi non con la mente simile ad una *tabula rasa*, ma con la sua pre-comprensione (*Vorverständnis*), cioè con i suoi pre-giudizi (*Vorurteile*), le sue presupposizioni, le sue attese; dato quel testo e data la pre-comprensione dell'interprete, l'interprete abbozza un preliminare significato di tale testo, e siffatto abbozzo si ha proprio perchè il testo viene letto dall'interprete con certe attese determinate derivanti dalla sua *pre-comprensione*. E il successivo lavoro ermeneutico consiste tutto nella elaborazione di questo progetto iniziale «che viene continuamente riveduto in base a ciò che risulta dall'ulteriore penetrazione del testo».

In realtà, «bisogna [...] tener conto che ogni revisione del progetto iniziale comporta la possibilità di abbozzare un nuovo progetto di senso; che progetti contrastanti possono intrecciarsi in una elaborazione che alla fine porta a una più chiara visione dell'unità del significato; che l'interpretazione comincia con dei pre-concetti i quali vengono via via sostituiti da concetti più adeguati. Proprio questo continuo rinnovarsi del progetto, che costituisce il movimento del comprendere e dell'interpretare, è il processo che Heidegger descrive. Chi cerca di comprendere, è esposto agli errori derivanti da presupposizioni che non trovano conferma nell'oggetto. Compito permanente della comprensione è l'elaborazione e l'articolazione dei progetti corretti, adeguati, i quali come progetti sono anticipazioni che possono convalidarsi solo in rapporto all'oggetto. L'unica obiettività qui è la conferma che una presupposizione può ricevere attraverso l'elaborazione. Che cos'è che contraddistingue le presupposizioni inadeguate se non il fatto che, sviluppandosi, esse si rivelano insufficienti? Ora, il comprendere perviene alla sua possibilità autentica solo se le presupposizioni da cui parte non sono arbitrarie. C'è dunque un senso positivo nel dire che l'interprete non accede al testo semplicemente rimanendo nella cornice delle presupposi-

zioni già presenti in lui, ma piuttosto, nel rapporto col testo, mette alla prova la legittimità, cioè l'origine e la validità, di tali pre-supposizioni» ([47] p. 314).

Dunque: l'interprete accosta il testo con il suo *Vorverständnis*, cioè con la sua "pre-comprensione", con le sue presupposizioni, i suoi "pregiudizi". Ed in base a questi elabora un preliminare abbozzo di interpretazione. Ma questo abbozzo può essere adeguato o meno. Ed è la successiva analisi del testo (del testo e del contesto) a dirci se questo primo abbozzo di interpretazione è corretto o meno, se corrisponde a quel che il testo dice o no. E se questa prima interpretazione si mostra in contrasto con il testo e il contesto, se urta contro qualche loro pezzo, allora l'interprete elaborerà un secondo progetto di senso, vale a dire un'ulteriore interpretazione, che metterà al vaglio sul testo (e sul contesto) per vedere se essa possa risultare adeguata o meno. E così via. E così via all'infinito, giacchè *il compito dell'ermeneuta è un compito infinito e tuttavia possibile*.

Ma che cosa è mai un progetto di senso, un abbozzo di interpretazione o, più semplicemente, una interpretazione, se non una *congettura* o una *ipotesi* o *teoria asserente* che «il testo dice questo e quest'altro»?; che questo e non un altro è il significato di un brano della Bibbia, di una iscrizione greca o latina, di una "traccia" o documento storico, di una azione umana? Ipotesi, per la soluzione dei problemi in cui inciampa, propone il fisico e ipotesi, quali tentativi di soluzione dei loro rispettivi problemi, propongono critici testuali, epigrafisti, traduttori, storici; ipotesi che l'uno e gli altri sottopongono ai più severi controlli sulla base delle loro conseguenze. E come, nel processo della prova, *non ogni teoria fisica o biologica vale l'altra, analogamente non ogni interpretazione vale l'altra*: le proposte di abbozzi di senso non sono tutte uguali, giacchè il testo (e il contesto) non è (o non sono) indifferente (o indifferenti) a tutte le interpretazioni; e il testo, *retroagendo* sull'interpretazione, può demolirla, dimostrarla cioè inadeguata (noi diremmo: falsificarla), oppure può confermarla (e anche qui: non certamente per l'eternità; e, anche se ciò fosse, non potremmo mai saperlo con certezza). Questo, dunque, è *il circolo ermeneutico*: la descrizione di ciò che accade nel processo interpretativo (e simultanea-

mente la prescrizione di ciò che deve accadere, se vogliamo interpretare *adeguatamente* un testo).

La procedura metodologica per *trial and error* è, pertanto, la stessa procedura metodologica che si attua nel procedimento ermeneutico. E lavoro tipicamente ermeneutico è quello del traduttore. Il traduttore di un testo si avvicina al testo con il suo *Vorverständnis* e getta sul testo - vi proietta - certi *Vorurteile* piuttosto che altri proprio in funzione della sua pre-comprensione. Ed è questo che spiega la diversità di certe traduzioni e la ragione per cui un testo può venir costantemente ritradotto. E anche qui entra in funzione quella che Gadamer chiama la *Wirkungsgeschichte*, cioè la storia degli effetti, per cui la distanza temporale tra la comparsa del testo e l'interprete non è un ostacolo sulla via di una migliore traduzione: più si sa, col trascorrere del tempo, della lingua usata dall'autore, più si sa del contesto storico-sociale in cui l'autore è vissuto e si è formato, più si vedono errori, inesattezze e imprecisioni di precedenti traduzioni, migliori potranno essere le nuove traduzioni. Ed è così che capiamo quel che scrive in *Teoria e pratica della traduzione* Georges Mounin a proposito della traduzione della Bibbia: «Scorrere una dopo l'altra le traduzioni della Bibbia susseguitesesi attraverso i secoli resta sempre un'esperienza stupefacente per un lettore profano in buona fede: leggiamo ad esempio le diverse versioni di uno stesso testo (il *Cantico dei cantici*, ad esempio), che secoli di lettori hanno deciso di ammirare; l'impressione che se ne trae non condanna la traduzione, e forse anche ci fa toccare con mano la sua validità, il suo continuo perfezionarsi da un'epoca all'altra: sotto i nostri occhi, infatti, a ciascuna di queste nuove traduzioni della Bibbia vediamo letteralmente svilupparsi una civiltà sempre meno simile alla nostra, man mano che ci inoltriamo nei secoli; e ogni traduzione discende di uno o più strati verso l'originale così come uno scavo archeologico fa ricomparire un sito sepolto» ([48] p. 83). Tradurre è esercizio ermeneutico, per questo vale per la traduzione quello che Gadamer sostiene per ogni interpretazione: «Il criterio per stabilire la correttezza della interpretazione è l'accordarsi dei particolari nel tutto. Se tale accordo manca l'interpretazione è fallita» ([47] p. 341).

Dunque: scienziato il fisico, scienziati l'economista e lo storico; scienziato il biologo, scienziato

il filologo; scienziato il chimico, scienziato il traduttore di un testo - ricercatori scientifici perchè e in quanto rispettosi delle regole del metodo scientifico che impongono i più severi controlli delle ipotesi proposte quali soluzioni dei problemi - ipotesi che, per essere controllate di fatto, devono essere controllabili di principio, cioè falsificabili. E ciò nella più chiara consapevolezza che anche la meglio consolidata teoria resta sempre sotto assedio. «La nostra ragione – sappiamo già con Augusto Murri – è tutt'altro che un infallibile congegno generatore di luce; è strano, ma siamo proprio noi razionalisti, che più diffidiamo di essa. Lo disse già da par suo il principe dei razionalisti: la pretesa di non errar mai è un'idea da matti. Eppure noi adoriamo la ragione, perchè crediamo ch'essa sola ci possa dare il sapere» ([28] pp. 19-20). La ragione è il più prezioso dono che noi abbiamo, è ciò che ci rende umani. E umani, anzitutto, perchè fallibili; e fallibili perchè razionali. E davanti ai «sogni della ragione che genera mostri», è nel giusto F.A. von Hayek quando afferma che «il compito di gran lunga più difficile e di primaria importanza per la ragione umana è quello di comprendere razionalmente le proprie limitazioni» ([49] p. III) Ed è così che nella nostra fallibilità non scorgiamo più la colpa dell'uomo, quanto piuttosto la sua situazione ([50] pp. 20-21).



- [1] A. EINSTEIN: *Religione e scienza*. In: Come io vedo il mondo. Giachini Editore, Bologna (1955).
- [2] A. EINSTEIN: *Fisica e realtà*. In: Pensieri degli anni difficili. Boringhieri, Torino (1965).
- [3] A. EINSTEIN: *Guerra atomica o pace*. In: Pensieri degli anni difficili. Boringhieri, Torino (1965).
- [4] A. EINSTEIN: *La ricerca scientifica*. In: Come io vedo il mondo. Giachini Editore, Bologna (1955).
- [5] A. EINSTEIN, L. INFELD: *L'evoluzione della fisica*. Boringhieri, Torino (1965).
- [6] A. EINSTEIN: *La questione del metodo*. In: Come io vedo il mondo. Giachini Editore, Bologna (1955).
- [7] A. EINSTEIN: *Che cos'è la teoria della relatività*. In: Come io vedo il mondo. Giachini Editore, Bologna (1955).
- [8] A. EINSTEIN: "Induktion und Deduktion in der Physik", *Berliner Tageblatt*, 25 dicembre 1919; trad. it. in: D. Antiseri, *shape La Vienna di Popper*, Rubbettino, Soveria Mannelli, (2000).
- [9] K. R. POPPER: *Logica della scoperta scientifica*. Einaudi, Torino (1970).
- [10] K. R. POPPER: *Poscritto alla logica della scoperta scientifica, vol. 1: Il realismo e lo scopo della scienza*. Il Saggiatore, Milano (1984).
- [11] K. R. POPPER: *Conoscenza oggettiva*. Armando, Roma (1975).
- [12] K. R. POPPER: *Società aperta, universo aperto*. Borla, Roma (1984).
- [13] K. R. POPPER: "Epistemologia evoluzionistica", *Paradigmi 2* (1984).
- [14] H. POINCARÉ: *Il valore della scienza*. La Nuova Italia, Firenze (1952).
- [15] L. FLECK: *Genesi e sviluppo di un fatto scientifico*. Il Mulino, Bologna (1983).
- [16] L. FEBVRE: *Come Jules Michelet inventò il Rinascimento, in Problemi di metodo storico*. Einaudi, Torino (1982).
- [17] E. AGAZZI: *Tem e problemi di filosofia della fisica*. Abete, Roma (1969).
- [18] K. R. POPPER: *Le fonti della conoscenza e dell'ignoranza, in Congetture e confutazioni*. Il Mulino, Bologna (1972).
- [19] A. TARSKI: *La concezione semantica della verità e i fondamenti della semantica*. In L. Linsky, *Semantica e filosofia del linguaggio*, Il Saggiatore, Milano (1969).
- [20] K. R. POPPER: *La società aperta e i suoi nemici, vol. 2*. Armando, Roma (1974).
- [21] K. R. POPPER: *Problemi, scopi e responsabilità della scienza, in Scienza e filosofia*. Einaudi, Torino (1969).
- [22] K. R. POPPER: *Autointerpretazione filosofica e polemica contro i dialettici*. In: AA.VV., *Filosofi tedeschi contemporanei*, a cura di C. Grossner. Città Nuova, Roma (1977).
- [23] K. R. POPPER: *La logica delle scienze sociali*. In: AA.VV., *Dialettica e positivismo in sociologia*, Einaudi, Torino (1972).
- [24] CH. DARWIN: *Autobiografia*. Einaudi, Torino (1962).
- [25] CH. DARWIN: *More Letters of Charles Darwin, vol. 1*. J. Murray, London (1903).
- [26] CH. DARWIN: *Life and Letters of Charles Darwin, vol. 1*. J. Murray, London (1887).
- [27] D. BERNARD: *Introduzione allo studio della medicina sperimentale*. Feltrinelli, Milano (1951).
- [28] A. MURRI: *Quattro lezioni e una perizia. Il problema del metodo in medicina e biologia*. Zanichelli, Bologna (1972).
- [29] M. FRIEDMAN: "The Marshallian Demand Curve", *Journal of Political Economics*, 57, (1949). Rist. in: *Essays in Positive Economics*. The University Chicago Press, Chicago, (1953). Trad. it. in M. Friedman: *Metodo, consumo e moneta*. Con Introduzione di F. Cesarano e F. Spinelli, il Mulino, Bologna, (1996).
- [30] G. FRANCO: *Conoscenza e interpretazione. L'inaspettata convergenza tra l'epistemologia di Popper e l'ermeneutica di Gadamer*. Rubbettino, Soveria Mannelli (2012).
- [31] H. FRAENKEL: *Testo critico e critica del testo*. Le Monnier, Firenze (1972).
- [32] P. MAAS: *Critica del testo*. Le Monnier, Firenze (1972).
- [33] G. PASQUALI: *Storia della tradizione e critica del testo*. Le Monnier, Firenze (1952).
- [34] M. BLOCH: *Apologia della storia o mestiere di storico*. Einaudi, Torino (1966).
- [35] L. FEBVRE: *Problemi di metodo storico*. Einaudi, Torino (1966).
- [36] G. SALVEMINI: *shape Storia e scienza*. La Nuova Italia, Firenze, 1948; rist. in *Opere scelte, vol. VIII: Scritti vari (1900-1957)*. A cura di G. Agosti e A. Galante Garrone, Feltrinelli, Milano (1978).
- [37] C. G. HEMPEL: "The Function of General Laws in History", *Journal of Philosophy* 39 (1942) 35.
- [38] C. G. HEMPEL: *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science*. Free Press York and Collier-Macmillan, New York - London (1965).
- [39] C. G. HEMPEL e D. ANTISERI: *Come lavora uno storico*. Armando, Roma (1997).
- [40] P. GARDINER: *La natura della spiegazione storica*. Armando, Roma (1978).
- [41] E. NAGEL: *La struttura della scienza*. Feltrinelli, Milano (1968).
- [42] R. B. BRAITHWAITE: *La spiegazione scientifica*. Feltrinelli, Milano (1966).
- [43] E. DI NUOSCO: *Tucidide come Einstein? La spiegazione scientifica in storiografia*. Rubbettino, Soveria Mannelli (2004).
- [44] E. H. CARR: *Sei lezioni sulla storia*. Einaudi, Torino (1965).
- [45] M. R. COHEN - E. NAGEL: *Introduction to Logic and Scientific Method*. Routledge & Kegan Paul, New York (1934).
- [46] M. HEIDEGGER: *Essere e tempo*. UTET, Torino (1969).
- [47] H. G. GADAMER: *Verità e metodo*. Fratelli Fabbri, Milano (1972).

- [48] G. MOUNIN: *Teoria e pratica della traduzione*. Einaudi, Torino (1955).
- [49] F. A. VON HAYEK: *L'abuso della ragione*. Vallecchi, Firenze (1967). Nuova edizione: Rubbettino, Soveria Mannelli (2008).
- [50] P. THÉVENAZ: *Métaphysique et destinée humaine*. P. Attinger, Neuchâtel (1943).



Dario Antiseri: si è laureato in Filosofia nel 1963 a Perugia discutendo una tesi sul passaggio dal primo al secondo Wittgenstein. Dal 1963 al 1967 ha studiato logica matematica e filosofia della scienza presso le università di Vienna, Münster, Oxford. Ha insegnato discipline filosofiche presso le Università di Roma “La Sapienza”,

Siena, Padova, e LUISS. È attualmente membro del consiglio direttivo dell’Alta Scuola di Studi del Collegio S. Carlo di Modena. Tra le sue pubblicazioni – molte delle quali tradotte in più lingue: *Teoria Unificata del Metodo* (1981 e succ. edizioni); *Ragioni della Razionalità* (voll. I & II, 2004); *Karl Popper* (2002); *La Vienna di Popper* (2000); *Trattato di Metodologia delle Scienze Sociali* (2007); *Come si ragiona in Filosofia* (2011); *Dalla parte degli Insegnanti* (2013). È autore con Giovanni Reale di una diffusa storia della filosofia: *Il Pensiero Occidentale dalle Origini ad Oggi* (più volte edito, tradotto in portoghese, spagnolo e kazako, ed in corso di traduzione in cinese) e dell’opera in due volumi *Cento Anni di Filosofia* (2015).

Diversi modi di fare scienza e la grande teoria della vita

Ferdinando Boero

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali Università del Salento, e,
CNR-ISMAR, Genova*

La biologia studia una singolarità nell'organizzazione della materia (la materia vivente) e si basa su conoscenze che sono di pertinenza di altre scienze che studiano le proprietà generali della materia, soprattutto non vivente. La mancanza di “leggi” predittive e universali in biologia è spesso presa come un segno di arretratezza della disciplina, in attesa di una sua maturazione. Tali “leggi”, però, non esistono ma i biologi hanno elaborato, e tuttora sviluppano, una teoria che spiega un fatto incontrovertibile: la materia vivente evolve. La teoria darwiniana, riformata più volte, rimane l'approccio unanimemente ritenuto corretto da chi si occupa professionalmente di scienze della vita. La negazione del valore esplicativo della teoria dell'evoluzione non è basata su spiegazioni alternative che non chiamino in causa entità soprannaturali.

Dall'empirismo alla teoria

La scienza ha due grandi missioni: identificare l'ignoranza, e tentare di ridurla. L'osservazione empirica del mondo esterno attraverso i nostri

sensi è stata la prima forma di scienza. Abbiamo raccolto informazioni, le abbiamo catalogate, abbiamo compreso relazioni di causa ed effetto: se faccio questo... allora accade questo. Molti animali, oltre a noi, imparano attraverso l'esperienza. Noi, però, siamo andati oltre la semplice somma di esperienze da cui trarre lezioni. Siamo riusciti a formulare teorie generali su molte cose, ad esempio la teoria cellulare. La più importante di tutte (per noi esseri viventi che abitiamo il pianeta terra) è quella impostata da Darwin, ancora in corso di elaborazione. Al di fuori del nostro pianeta dove, al momento, non esistono prove dell'esistenza di vita, è irrilevante, ma qui non esiste nulla di più complesso da capire. Tratta di cose talmente difficili ed elaborate che probabilmente non la finiremo mai: è la teoria della vita. Ma vale la pena provarci.

Capire la vita

L'uomo ha iniziato la sua storia evolutiva come cacciatore e raccoglitore ed era imperativo conoscere la natura. Le prime forme di cultura, le pitture rupestri, raffigurano animali e non è un caso che, nella Genesi, il Creatore dia un solo incarico ad Adamo: dare il nome agli animali. Un compito che Linneo [1] affrontò con rigore scientifico, organizzando la biodiversità in un

sistema coerente attraverso la nomenclatura binomia (noi apparteniamo al genere *Homo* e alla specie *sapiens*, il nostro nome è *Homo sapiens*), raggruppando organismi in base alla condivisione di caratteristiche. Il sistema linneano è tuttora utilizzato e l'esplorazione della biodiversità non è ancora completata. Linneo, e tutti i suoi successori, i tassonomi, lavorarono per rispondere alla domanda "cosa": cosa sono gli altri organismi? Come si chiamano? Lamarck [2] affrontò la domanda "come" e, con il trasformismo, iniziò a spiegare come mai la vita è così diversificata. Il suo "trattato di filosofia zoologica" pone le basi della teoria dell'evoluzione e risale all'anno di nascita di Darwin, lo scienziato che si pose la domanda "perché?". Darwin (1859), con la selezione naturale, descrisse i rapporti tra gli organismi come una lotta continua per accaparrare risorse e, con la selezione sessuale, per riprodursi. La selezione naturale altro non è che l'ecologia e studia le cause ultime dell'evoluzione, quelle che determinano le spinte al cambiamento. Le cause prossime, il modo con cui il cambiamento avviene, erano sconosciute a Darwin, e fu Mendel (1866) [3], contemporaneo di Darwin, che con la genetica pose le fondamenta per comprendere i meccanismi "fini" dell'evoluzione.

Causalità multipla

Il fatto che fenomeni complessi siano dovuti a molteplici cause che concorrono a determinarli (la causalità multipla) ha contribuito a spezzettare la biologia in molte discipline, ognuna focalizzata su particolari aspetti. La genetica studia le modalità molecolari di trasmissione dei caratteri, l'ecologia studia i rapporti tra gli organismi, la biologia evoluzionistica studia il risultato della selezione naturale. Le spiegazioni riguardano più livelli. Conoscere il DNA di una specie e capire come sono codificati i suoi caratteri ci dice quali siano i meccanismi molecolari che fanno in modo che la materia vivente si assembli in una certa maniera. Ma non ci dicono quali siano state le cause di quella specifica organizzazione, come risultato di interazioni tra quella specie e le altre, e il mondo chimico-fisico.

La vita è una singolarità

La vita è monofiletica (ha avuto un'origine singola) e tutti i viventi sono collegati tra loro dalla condivisione di un antenato comune: il primo vivente. Non abbiamo una prova sperimentale per dimostrare questo enunciato ed il motivo è semplice: la biologia è una scienza storica, e questo non ci mette nella condizione di rifare sperimentalmente quel che è avvenuto al momento dell'origine della vita. Non siamo neppure in grado di ottenere la vita da materia non vivente. Comprendere la storia della vita è un po' come comprendere l'origine dell'universo, con qualche differenza. La teoria del *big bang* non risponde alla domanda: da dove viene la materia? Ipotizza che ci sia sempre stata, e non spiega da dove venga, come ha cominciato ad esistere. Per la vita il problema non si pone. Esiste un "prima" dell'origine della vita su questo pianeta, semplicemente perché il pianeta ha un'età, e per molto tempo non presentò condizioni idonee alla vita. La vita si è evoluta per generazione spontanea. Un evento rarissimo, reso possibile da condizioni che non siamo in grado di ricreare. L'evento è avvenuto una volta soltanto o, se è avvenuto più volte, solo una volta la materia vivente è stata in grado di riprodursi con successo. Lo sappiamo per comparazione. Tutti i viventi parlano la stessa lingua, un codice di DNA-RNA, e l'origine singola è la spiegazione più parsimoniosa della condivisione di questa caratteristica. È molto improbabile che, indipendentemente, la materia si sia assemblata più volte secondo uno stesso schema, anche se si potrebbe ipotizzare che esistano vincoli talmente stretti alla formazione di materia vivente che, ogni volta che il fenomeno dovesse avvenire, si avrebbe lo stesso risultato. Se si fosse originata più volte, la vita sarebbe polifiletica e i viventi deriverebbero da diversi antenati comuni. Il fatto che i geni di un batterio possano funzionare in un vertebrato, però, è un altro forte suggerimento dell'origine comune dei viventi: parlano tutti la stessa lingua, e sono in grado di comunicare geneticamente.

La storia della vita

Ai biologi interessa molto il problema dell'origine della vita, forse tanto quanto ai fisici interessa l'origine dell'universo. La soluzione di questo

problema con metodi sperimentali è stata tentata e, ogni tanto, qualcuno prova a dare origine a materia vivente da materia non vivente. Fino ad ora non ci sono riusciti: l'interesse dei biologi si concentra su problemi altrettanto rilevanti ma molto più impellenti. L'origine della biodiversità, per esempio, è senz'altro più attuale. Come mai ci sono così tante specie? Se l'origine della vita è dovuta ad un evento singolo, all'inizio c'era una sola specie. Ora ce ne sono milioni, tutte imparentate tra loro. Come mai la vita non è rimasta identica a se stessa? La risposta non è affatto semplice, e si complica quando vediamo che ogni specie dipende dalle altre e che, assieme, le specie formano comunità che fanno funzionare gli ecosistemi planetari. Qual è il rapporto tra la biodiversità e il funzionamento degli ecosistemi?

Le piume di Darwin

La domanda è stata posta da Darwin, ne *L'Origine delle Specie* [4], con la metafora della manciata di piume: " *Gettate in aria una manciata di piume, e tutte dovranno cadere al suolo secondo leggi definite. Ma come è semplice questo problema se confrontato con l'azione e la reazione delle innumerevoli piante ed animali che hanno determinato, nel corso dei secoli, i numeri proporzionali e i tipi di alberi che ora crescono su quelle vecchie rovine indiane!* " Le leggi ben definite sono quelle della gravitazione universale: la fisica. Le piume cadono sempre. Darwin si trova di fronte a una foresta che ha coperto rovine di civiltà precolombiane in sud America. E pensa alla storia (nel corso dei secoli) che ha portato alla situazione che si presenta ai suoi occhi in quel dato momento. La storia è dovuta alle innumerevoli azioni e reazioni tra le varie componenti della biodiversità e di come tali rapporti abbiano determinato il funzionamento degli ecosistemi, sino al momento dell'osservazione.

Darwin riformato

Darwin mise assieme le conoscenze dell'epoca e le assemblò in una grande teoria, nota a tutti come la teoria dell'evoluzione. Per Darwin l'evoluzione è graduale: tante piccole modificazioni, sommandosi, portano a grandi modificazioni. Darwin non conosceva la genetica, ma aveva identificato le cause ultime, ecologiche, dell'evoluzione. Le chiamò *selezione naturale*. Le cause

prossime, oggi esplorate dalla genetica, non facevano parte della sua teoria che, quindi, richiese ulteriori modificazioni [5]. Alcune premesse ritenute valide da Darwin furono confutate, e furono sostituite da altre, senza però distruggere l'edificio concettuale della sua teoria. Weismann (1892) [6] dimostrò che le cellule che danno origine ai gameti (spermatozoi e uova) si segregano precocemente dalle cellule somatiche durante lo sviluppo (sequestro della linea germinale) e che è quindi impossibile che possano essere influenzate da quel che avviene al resto del corpo. Viene quindi a cadere la possibilità che i caratteri acquisiti dal corpo durante la vita di un individuo possano essere trasmessi alle generazioni successive, un meccanismo tipico della visione lamarckiana che era stato incorporato anche da Darwin. Fu così sviluppata la teoria neo-Darwinista, che incorporò le conoscenze sviluppate da Weismann all'interno della teoria darwiniana, in cui la selezione naturale continua a giocare un ruolo essenziale. Negli anni Trenta del secolo scorso, dopo la riscoperta delle leggi di Mendel, e l'elaborazione evolucionistica di discipline come la sistematica, la paleontologia, l'embriologia, la biogeografia e, soprattutto, la genetica, prese forma la *Sintesi Moderna*, ancora oggi in corso. Nel frattempo apparve chiaro che la linea somatica può influenzare la linea germinale e lo sviluppo dell'epigenetica aggiunse ulteriore complessità alla teoria: l'ambiente può innescare modificazioni che possono essere trasmesse alle generazioni successive. Si tratta di campi ancora in pieno sviluppo. Quello che emerge da tutto questo è comunque riconducibile alla selezione naturale. La vita si modifica (evolve) da una generazione all'altra secondo una miriade di meccanismi che non sono mutualmente esclusivi, e l'ambiente seleziona positivamente gli organismi che meglio riescono a far fronte a particolari condizioni. Alla selezione naturale si aggiunge, poi, la selezione sessuale che premia gli individui che riescono ad avere successo nella competizione per la riproduzione. L'intrico di relazioni causa-effetto che regola il divenire della materia vivente va dal livello biochimico- molecolare a quello individuale a quello ecosistemico, ed obbedisce a una miriade di pressioni che sono modulate nel corso della storia della vita, assumendo ruoli sempre differenti. Proprio come avviene nella

“storia” studiata dagli storici. In effetti, Darwin si definisce uno studioso di storia naturale (un naturalista). La “storia” non può essere predetta con un approccio matematico. Ci provano da molto tempo gli economisti, ma invariabilmente sbagliano. Non riescono, infatti, a prevedere le contingenze intrinsecamente imprevedibili che, però, sono le principali determinanti della storia. Se i vincoli prevalessero sulle contingenze non ci “sarebbe storia” e gli eventi si ripeterebbero in modo prevedibile. Una teoria della storia naturale è in via di formazione [5] ma non sarà mai predittiva: agli storici non si chiede di prevedere la storia futura. Gli storici, però, ci possono spiegare gli eventi del passato, ne individuano le cause e identificano regolarità che, in modo molto lasco, possono portare a delineare tendenze.

Com'è semplice questo problema...

La fisica studia fenomeni universali. La biologia studia una singolarità. La fisica scopre leggi che regolano le proprietà della materia in qualunque punto dell'universo. La biologia tratta qualcosa che avviene in una sottile patina di un solo pianeta nell'universo intero. Un'eccezione, non un'universalità: un caso particolare. Non sarà universale, ma è eccezionalmente difficile e Darwin lo esprime magistralmente con la metafora delle piume e con la conseguente presa d'atto della relativa semplicità del problema che la gravitazione affronta. La differenza tra la fisica e la biologia consiste nella predominanza, nella biologia, di enunciati esistenziali. Per i fisici, la dimostrazione che esiste qualcosa di più veloce della luce smantellerebbe le teorie relativiste. Per i biologi, aver dimostrato che la vita può evolvere per salti evolutivi e non per modificazioni gradualistiche non ha portato ad alcun sconvolgimento. La vita può evolvere in tanti modi: “esistono” tante modalità evolutive, non c'è un meccanismo “universale”. L'universalità appartiene alle scienze che si occupano di fenomeni semplici, quando si passa alla complessità le cose cambiano, e dominano gli enunciati esistenziali, le singolarità.

La storia naturale e l'invidia per la fisica

Darwin si etichetta come “naturalista” e la storia naturale è la sua disciplina. Il suo modo di investigare si basa sull'osservazione e su piccoli esperimenti, a formare una serie di fatti le cui relazioni diventano teoria. Non c'è matematica in Darwin, quello che spiega non può essere espresso con notazioni matematiche. I biologi, però, si innamorarono della fisica e invidiarono la sua capacità di scoprire “leggi”. Se “loro” hanno leggi che permettono di fare previsioni, perché noi non facciamo lo stesso [7]? Le prime leggi biologiche derivarono dalle generalizzazioni di osservazioni empiriche: Haeckel [8] formulò la legge biogenetica secondo cui “l'ontogenesi ricapitola la filogenesi”. Per i profani, l'ontogenesi è lo sviluppo di un organismo dall'uovo fecondato all'adulto, mentre la filogenesi è la storia evolutiva che ha portato alla specie a cui quel dato organismo è riferito. Noi iniziamo a vivere come esseri unicellulari (l'uovo fecondato, lo zigote, è una sola cellula) e poi ci differenziamo passando attraverso una serie di stadi morfologici che assomigliano ai nostri antenati. Un embrione umano assomiglia prima ad un pesce, poi a un anfibio, poi a un rettile etc. Von Baer formulò una serie di leggi, che prendono il suo nome e che sono meno generiche della legge biogenetica di Haeckel:

1. Durante lo sviluppo, i caratteri generali di un grande gruppo animale appaiono prima di quelli particolari.
2. I caratteri meno generali si sviluppano a partire da quelli più generali, e solo alla fine del processo compaiono quelli più specializzati.
3. Ogni embrione di una data specie non ripete, durante lo sviluppo, gli stadi adulti di altri animali, ma se ne allontana sempre di più.
4. L'embrione precoce di un animale che occupa una posizione elevata nella scala zoologica non è mai simile ad un animale che occupa una posizione più bassa, ma è simile al suo embrione precoce.

La terza legge contraddice la legge biogenetica che vede, negli embrioni, gli stadi adulti degli antenati. A differenza delle leggi della

fisica, l'espressione matematica di queste leggi non aggiungerebbe gran che al loro valore esplicativo.

“Leggi”

Altre leggi della biologia sono: L'informazione fluisce dal genotipo al fenotipo, ma non viceversa. Ogni gene codifica un polipeptide. L'epigenetica e la scoperta di geni regolatori ne hanno falsificato l'universalità, e anche le leggi di Von Baer sono abbastanza lasche, le eccezioni essendo possibili. Le leggi di Mendel funzionano benissimo se il carattere in esame è codificato da un solo gene, ma se più geni concorrono a determinare una caratteristica, allora la precisione diminuisce. La matematica è la lingua della fisica perché la fisica affronta problemi relativamente semplici. Quando la complessità aumenta (e non c'è nulla di più complesso della materia vivente, nell'universo conosciuto) e gli enunciati esistenziali predominano, la matematica invece di essere un mezzo utile diventa un ostacolo.

Kant e la matematica

Kant dichiarò che la dignità di una scienza si misura dal suo livello di matematizzazione. La fisica è la scienza più matematizzata, e quindi è la scienza più nobile. Già la chimica è un'altra storia. La biologia... un giochetto infantile di collezionisti di francobolli, come, sembra, abbia affermato Lord Rutherford, un fisico insignito del premio Nobel, per la chimica (questa frase è attribuita a Rutherford nel libro [9]). Peccato che i fisici che si sono cimentati con problemi biologici, usando i propri strumenti, non abbiano ottenuto risultati mirabolanti. La biologia è una scienza storica, e non esistono equazioni che permettano di descrivere la storia del passato, né tantomeno di predire quello che avverrà in futuro. Volterra ci provò e formulò equazioni che descrivono i rapporti tra una preda e un predatore: due specie [10]. Se il numero di specie che interagiscono sale a tre, il sistema diventa imprevedibile nel medio e lungo termine. Poincaré aveva già mostrato che il problema di tre corpi, puntiformi, che interagiscono tra loro, un caso semplicissimo rispetto ai sistemi biologici, ha comportamenti essenzialmente imprevedibili.

Successivamente Lorentz ha formalizzato il tutto nella teoria del caos.

La matematica, in biologia, serve moltissimo per elaborare dati, per costruire disegni sperimentali, per testare la significatività di differenze osservate. Ma la base di tutto è l'osservazione e la raccolta di dati. E quanti più sono i dati, quante più sono le interazioni, e tanto meno la matematica ci permette di capire. Invece di essere un aiuto diventa un ostacolo, perché ci obbliga a semplificare per poter essere utilizzata. Questo va bene nei sistemi semplici, ma non in quelli complessi. Far diventare semplice un sistema complesso non è risolutivo, è una truffa scientifica.

Riduzionismo e olistismo (duro e molle)

L'approccio riduzionistico di scomporre problemi complessi in tanti problemi semplici da affrontare singolarmente ha portato a grandi progressi. Le soluzioni di singoli problemi, però, spesso comportano altri problemi a livelli differenti. Non è un caso che le autorità mondiali, dall'UE al G7, chiedano approcci “olistici”, “integrati”, “ecosistemici”. Va benissimo semplificare i problemi per risolverli uno a uno, ma non basta: il tutto è più della somma delle singole parti. Parlare di scienze dure e predittive (matematizzate) e di scienze molli descrittive (non matematizzate) è una mistificazione. Darwin chiama semplici le scienze oggi considerate dure, e ci mostra la complessità di quello che qualcuno definisce “molle”, con un'accezione evidentemente spregiativa: le scienze dure sono anche dette “predittive” mentre le molli sono “descrittive”. Man mano che la complessità aumenta il riduzionismo si rivela insufficiente. Insufficiente non significa inutile. È però necessario assemblare i pezzi identificati dal riduzionismo all'interno di una teoria più vasta, che permetta di capire le interazioni tra le parti. Olistico significa che la teoria deve comprendere tutti i livelli di complessità che caratterizzano il sistema analizzato.

La negazione del Darwinismo

Il Darwinismo di oggi riconosce a Darwin la primogenitura di una grande visione del mondo vivente, relazionato al mondo non vivente. Molte sue idee sono state riformate, soprattutto quelle che riguardano i meccanismi prossimi

dell'evoluzione, ma la grande sintesi permane e si arricchisce sempre più: è la teoria della vita.

L'attacco al Darwinismo è attuale. Ad esempio un fisico con una grande presa mediatica, A. Zichichi, disse che l'evoluzione non è una scienza perché non esiste l'equazione che la dimostri, e non è mai stato fatto l'esperimento probante dell'origine di una specie [11]. Nel 2004 la ministra Moratti cercò di togliere l'evoluzione dai programmi della scuola dell'obbligo. Nell'anno Darwiniano 2009 (in cui si celebrano i 200 anni della nascita di Darwin e i 150 anni della prima edizione dell'*Origine delle Specie*) l'allora vicepresidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roberto De Mattei nominato dal ministro Gelmini, organizzò, nella sede e con il contributo del CNR, un convegno dal titolo *Evoluzionismo. Il tramonto di una ipotesi* [12]. Il mondo scientifico insorse, e ne seguì un'ampia polemica. [13, 14, 17, 15, 16].

I creazionisti, negli Stati Uniti, non arrivarono all'ardire di rimuovere l'evoluzione dei curricula scolastici ma chiesero che, a fianco all'evoluzione, fosse insegnata anche la teoria del Disegno Intelligente, una forma surrettizia per affiancare la creazione all'evoluzione. Come racconta Sculari (2015) [18], nel 1987 la Corte Suprema decretò l'incostituzionalità dell'introduzione della Scienza della Creazione nelle scuole pubbliche di alcuni stati USA. L'argomento adottato dal giudice Jones (2005) [19] nel rigettare la richiesta che il Disegno Intelligente fosse insegnato a scuola come alternativa alla teoria dell'evoluzione consiste nel definire il Disegno Intelligente come frutto di credenze religiose, e non come elaborazione teorica di fatti acclarati scientificamente. La Costituzione degli USA vieta l'insegnamento della religione nelle scuole pubbliche.

Chi nega il valore del Darwinismo non ha una teoria alternativa da proporre. I biologi saranno felicissimi di abbracciare una nuova visione della vita, se sarà più convincente di quella che deriva dall'approccio darwiniano. Per il momento non ce ne sono. Le alternative possono essere incorporate nella teoria della storia naturale, che comprende sia evoluzione sia ecologia [5]. Una teoria della vita che trovi spiegazioni alternative a quelle proposte attualmente non è stata formulata. Chi rigetta la teoria attuale non ha altro da opporre, a parte la fede religiosa in un'entità

creatrice. La scienza si basa sul dubbio, la religione sulla fede. Si tratta di due domini logici nettamente separati e non sovrapponibili.

Conflitti tra le scienze

Il fatto che alcune scienze vengano considerate superiori rispetto ad altre è un oltraggio alla scienza stessa. I biologi, nei loro percorsi formativi, devono studiare matematica, fisica, chimica e, se sono naturalisti, anche geologia. Dato che studiano la condizione più complessa con cui la materia si esprime, i biologi potrebbero tranquillamente sentirsi superiori e irridere chi studia cose più semplici. Non lo fanno per un motivo semplicissimo: hanno studiato anche le discipline degli "altri" (spesso senza capirci granché) e hanno il massimo rispetto dei loro colleghi. I matematici e i fisici non studiano biologia, semplicemente la ignorano.

In Italia i laureati in matematica e i laureati in biologia possono insegnare matematica e scienze nelle scuole medie inferiori. I matematici, di solito, trovano scandaloso che i biologi possano insegnare matematica, pur avendo seguito corsi universitari di matematica, mentre trovano normale che i laureati in matematica possano insegnare scienze naturali, avendo studiato solo matematica. Il semplice fatto che le norme permettano che una disciplina sia insegnata da qualcuno che non l'ha studiata (i matematici non studiano scienze) implica un'ontologica superiorità della matematica rispetto alle altre elaborazioni scientifiche. Come teorizzato da Kant.

Fuori dalla terra

Nel cosmo, fuori dalla terra, la biologia non ha ragione di essere, perché non esiste la vita al di fuori della terra. Prevalgono fisica e chimica. I biologi si inchinano alla superiorità di queste discipline e riconoscono l'inferiorità della propria, anzi la sua totale inutilità al di fuori del pianeta che ci ospita. I rapporti che trattano di vita extraterrestre, es. [20] sono farciti di complicate formule e sono redatti di solito da fisici e astrofisici che parlano, con il loro linguaggio, di qualcosa che non esiste, come se esistesse. Ernst Mayr, uno dei massimi evoluzionisti del secolo scorso, argomentò la vacuità di queste elucubrazioni

che, peraltro, inghiottono consistenti fette dei finanziamenti alla ricerca [21]. A volte succede che gli stessi astrofisici contraddicano i credenti nella vita intelligente. Tipler [22], per esempio, argomentò in modo formale l'impossibilità dell'esistenza di esseri intelligenti extraterrestri con il ragionamento che, se ci fossero, le loro navi spaziali sarebbero già presenti nel nostro sistema solare. Il che significa che, per eventuali extraterrestri intelligenti in altri sistemi solari, noi non dovremmo esistere, visto che le nostre navi spaziali non sono nel loro pianeta. Tutto sta a definire cosa sia "intelligente", comunque. Di solito i biologi assistono sorridendo a queste affermazioni, e poi passano a cose più serie. È un grave errore. Queste affermazioni infatti, trovano vastissima eco nei media di tutto il mondo e, anche se i più accorti non osano esprimerle in modo formale, ne riempiono i media.

In dichiarazioni ai media e in canali televisivi, il famoso astrofisico Steve Hawking prima affermò di non avere dubbi dell'esistenza di vita extraterrestre, e poi concluse che abbiamo quasi distrutto le premesse che rendono possibile la nostra esistenza sul pianeta, proponendo la colonizzazione di altri pianeti come unico modo per salvare la nostra specie [23], e nessuno lo contraddisse. È necessario farlo, perché si trova sempre qualcuno disposto a credere a queste fandonie e ad investire montagne di denaro (spesso pubblico) per intraprendere imprese inutili che rubano risorse al perseguimento di imprese utili, tipo: restaurare gli ecosistemi che stiamo distruggendo, proprio come argomentò Mayr [24] nello stigmatizzare lo sperpero di denaro pubblico derivante dal progetto SETI.

C'è persino nella Bibbia

C'è maggior conoscenza ecologica nel racconto biblico che nelle dichiarazioni di Hawking. Nella Bibbia si narra che il Creatore, innervosito dallo sconsiderato comportamento degli uomini e delle donne che aveva creato, decise di spazzare via il proprio errore. Poi ci ripensò e decise di darci un'altra possibilità. Chiamò Noè e gli disse che sarebbe arrivato un diluvio universale e che avrebbe dovuto costruire una grande nave (l'arca) per superare il disastro. L'arca è l'astronave che dovrebbe portarci sugli altri pianeti, una vol-

ta che questo fosse distrutto da una catastrofe ecologica. Nel caso di Hawking il diluvio siamo noi, e su questo sono in perfetto accordo con lui. Il Creatore, però, non dice a Noè di salire a bordo con la sua famiglia (l'equipaggio dell'astronave). Gli dice di portare con sé tutti gli animali. Ad Adamo dice di dare il nome agli animali, a Noè dice di portare con sé tutti gli animali. E' evidente che il Creatore ama la zoologia! Gli animali, nel racconto biblico, sono "gli altri viventi". L'uomo non può vivere senza gli altri viventi, dai batteri ai funghi, le piante e gli altri animali. Siamo coevoluti con il resto delle specie e non possiamo essere talmente arroganti da pensare di poter vivere senza di loro. Non abbiamo neppure fatto l'inventario della biodiversità: cosa dovremmo portare assieme a noi nell'arca spaziale? O qualcuno pensa che, in altri pianeti, ci siano ecosistemi belli pronti che ci stanno aspettando? Solo chi ignori i rudimenti della storia naturale può fare affermazioni del genere. Il dramma non è che si facciano, ma che chi le fa non sia smentito e mantenga la propria reputazione di scienziato.

Probabilità e rispetto

La probabilità che l'aspettativa di Hawking si avveri è infinitamente piccola. Come sono infinitamente piccole le conoscenze di biologia di chi fa certe affermazioni. Il rispetto delle conoscenze altrui e il riconoscimento della propria ignoranza sono la premessa indispensabile per una proficua collaborazione tra le scienze. Nessun biologo ritiene che siano disponibili teorie alternative a quella corrente, per spiegare l'esistenza della vita. Sappiamo di essere molto ignoranti persino nella nostra stessa disciplina e siamo molto umili a seguito di questa consapevolezza. Questa umiltà è stata interpretata come una prova dell'inferiorità della nostra disciplina rispetto alle altre. Chi rinnega la grande teoria della vita di solito è molto ignorante nel campo dello studio della vita, e mostra scarso rispetto per chi si dedica a ricerche biologiche. Ridimensionati i complessi di superiorità, totalmente ingiustificati, si spera in una nuova era di collaborazione. Un inizio che sarà segnato dall'introduzione di almeno un corso di biologia nei corsi di matematica e fisica, così come matematica e fisica si insegnano nei corsi

di biologia. Solo allora sarà più facile parlare tra noi con mutuo rispetto.

Non so davvero se sia possibile concepire una teoria che, in un singolo processo logico, sia in grado di spiegare “tutto”. E poi dipende da cosa significa “tutto”. Se tutto è fatto di atomi, possiamo pensare che sia sufficiente conoscere la struttura fine della materia, con le particelle subatomiche, per aver capito “tutto”? Non è difficile spiegare che questa aspettativa è fallace e che il “tutto” va ben oltre le singole componenti che lo formano.

Scienza come lingua

Poniamo che esista una sola lingua universale. Come tutte le altre lingue avrebbe un suo alfabeto: l'insieme di suoni elementari che, assemblati, formano le parole, siano esse scritte o dette. L'alfabeto è la base di tutto e senza l'alfabeto non ci può essere lingua. Quella lingua avrebbe un suo dizionario, un compendio dove sono elencate tutte le parole e che esplicita il significato di ognuna. E poi avrebbe la sua grammatica e la sua sintassi. Senza l'alfabeto non c'è lingua. Ma sapere l'alfabeto non permette di padroneggiare davvero la lingua: è necessario conoscerlo, ma non è sufficiente. Lo stesso vale per il dizionario, e per grammatica e sintassi. Le regole espresse dai crescenti livelli di complessità di una lingua sono solo l'inizio. Una lingua evoluta, infatti, produce una letteratura, delle elaborazioni espresse con l'articolazione del pensiero attraverso l'uso delle parole (o dei numeri, se volete). Ogni opera letteraria è unica e irripetibile. Ora, la letteratura sarebbe impossibile senza conoscere alfabeto, dizionario, grammatica, sintassi. Ma possiamo dire che siano queste conoscenze sufficienti a comprendere la letteratura? Sono necessarie, ma non sono sufficienti. Un conoscitore dell'alfabeto che si ergesse a dominatore della lingua perché senza l'alfabeto la lingua non esisterebbe... sarebbe ridicolizzato. E lo stesso trattamento sarebbe riservato a un detentore del dizionario che osasse dire che dato che ogni parola è presente nel suo corpus di conoscenze, e dato che la letteratura è fatta di parole, allora tutta la letteratura è compresa nel dizionario. La biologia sta alle altre scienze come la letteratura sta all'alfabeto, al dizionario, alla grammatica e alla sintassi. Tratta

un particolare stato della materia e sottende a leggi di fisica e chimica. Le sue leggi sono casi particolari di quelle di fisica e chimica. La biologia non ha senso senza la fisica e la chimica, e queste discipline sono veramente universali, la biologia no.

L'unicità della biologia

Se avvenisse un big bang al contrario, e la materia si semplificasse nei suoi stati primordiali, con ogni probabilità le regole che la governano resterebbero valide, ma non è affatto detto che la vita si riformerebbe così come è organizzata su questo pianeta. Se la vita avesse avuto origine anche in altri pianeti, indipendentemente da quella evolutasi sulla terra, il modo con cui si esprimerebbe sarebbe radicalmente differente. Se i vincoli costringessero la materia ad assemblarsi in modo analogo a quanto è avvenuto sulla Terra, e si evollesse una “lingua” chimica basata su RNA-DNA, sarebbe comunque altissimamente improbabile che l'evoluzione portasse a risultati analoghi a quello che possiamo osservare studiando la vita terrestre. Gli “alieni” inventati dalla fantasia romanzata, a volte fatti passare per reali, come gli alieni di Roswell [25], sono spesso ridicole varianti di vertebrati ominidi, a volte con innesti di altre specie animali o vegetali effettivamente presenti sul pianeta oggi o in passato. La probabilità che la vita su altri pianeti raggiunga livelli di organizzazione simili a quelli della vita terrestre è inferiore alla possibilità che uno scrittore, indipendentemente da Dante, possa riscrivere la Divina Commedia o che un musicista, indipendentemente da Frank Zappa, possa riscrivere Zomby Woof. Eppure l'alfabeto italiano è fatto solo da 21 lettere, e le note sono solo sette.

Conclusione: la scienza è musica

La realtà è unica e le varie scienze la affrontano da punti di vista differenti. L'approccio riduzionistico ha portato a progressi strepitosi nella nostra comprensione dei vari aspetti della realtà che ci circonda. Ogni branca della scienza, però, abbraccia solo una porzione del reale. Il “tutto” si comprende mettendo assieme le varie parti che lo compongono, cercando di estrarre le proprietà emergenti, quelle che fanno sì che il tutto sia più della semplice somma delle sue par-

ti. La musica è una buona metafora, per spiegare questo assunto. Se ascoltiamo una composizione complessa, suonata da qualche decina di strumenti, ad esempio G-Spot Tornado, sentiamo un solo grande suono, quello che Frank Zappa chiama “la grande nota” [26]. La grande nota è fatta di tante piccole note, suonate dagli strumenti che compongono l’orchestra. Se ascoltassimo gli strumenti uno alla volta non potremmo apprezzare il risultato di quando suonano assieme. Ogni suonatore si deve esercitare a lungo, da solo, per perfezionare la sua tecnica, ma poi deve imparare a suonare con gli altri, per ottenere la “continuità concettuale”. La scienza ha iniziato come un’orchestra e i primi scienziati studiavano “tutto”, ma poi i vari strumenti hanno iniziato a suonare ognuno per conto suo. E alcuni “musicisti” hanno persino sviluppato complessi di superiorità, ritenendosi più importanti di altri. È un errore che non contribuisce allo sviluppo armonico della conoscenza e che può causare danni al progresso culturale, come avviene quando scienziati non biologi negano l’evoluzione darwiniana. La grande sfida della scienza, a questo punto, consiste nella sintesi, nel mettere assieme le conoscenze su specifici aspetti della realtà e nel farle “suonare assieme”, con umiltà e sapienza. Continueranno le scoperte negli specifici campi, e sarà giusto dedicare molte energie agli approcci riduzionistici, ma sarà altrettanto indispensabile iniziare a mettere assieme quel che abbiamo imparato sino ad ora, e a far finalmente suonare l’orchestra della scienza.



- [1] C. LINNAEUS: *Systema naturae*. L. Salvii, Holmiae, Stockholm (1758).
- [2] J-B LAMARCK: *Philosophie Zoologique, ou Exposition des Considérations Relatives à l’Histoire Naturelle des Animaux*. Dentu et l’Auteur, Paris (1809).
- [3] G. Mendel, *Versuche über Pflanzen-Hybriden*. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr, 1865, Abhandlungen: 3-47 (1866).
- [4] C. R. DARWIN: *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London (1859).
- [5] F. Boero, *From Darwin’s Origin of Species towards a theory of natural history*. F1000 Prime Reports, 7:49 (doi:10.12703/P7-49) 7 (49) <http://f1000.com/prime/reports/b/7/49/> (2015).
- [6] A. WEISMANN: *Das Keimplasma: eine Theorie der Vererbung*. Fischer, Jena (1892).
- [7] F. E. EGLER: “Physics envy”, *Bulletin of the Ecological Society of America* 67 (1986) 233-235.
- [8] ERNST. HAECKEL: *Generelle morphologie der organismen [General Morphology of the Organisms]*. G. Reimer, Berlin (1866).
- [9] J.B. BIRKS: *Rutherford at Manchester*. Heywood, London (1962).
- [10] M. GATTO: “On Volterra and D’Ancona footsteps: the temporal and spatial complexity of ecological interactions and networks”, *Italian Journal of Zoology* 76 (2009) 3-15.
- [11] A. ZICHICHI: *Perché io credo in colui che ha fatto il mondo. Tra fede e scienza*. Il Saggiatore, Milano (1999).
- [12] R. DE MATTEI: *Evoluzionismo. Il tramonto di una ipotesi*. Cantagalli, Siena (2009).
- [13] F. Boero Creazionisti al CNR, il prof. Boero: “Un duro colpo alla reputazione dell’Istituto”. Micro Mega <http://temi.repubblica.it/micromega-online/creazionisti-al-cnr-il-prof-boero-caro-maiani-confonde-correttezza-scientifica-con-liberta-di-espressione/> (2009).
- [14] L. Maiani *Antievoluzionismo, il presidente del CNR si dissocia da De Mattei*. Micro Mega <http://temi.repubblica.it/micromega-online/antievoluzionismo-il-presidente-dmat09el-cnr-si-dissocia-da-de-mattei/> (2009).
- [15] F. Boero, *Da dove vengono i bosoni?* (2013), Internazionale. <http://www.internazionale.it/opinione/ferdinando-boero/2013/10/11/da-dove-vengono-i-bosoni>.
- [16] L. Maiani *Quanto ci è costato il Bosone di Higgs?* Gaia News <http://gaianews.it/scienza-e-tecnologia/fisica/luciano-maiani-quanto-ci-e-costato-il-bosone-di-higgs-47714.html#.WOOsTo4lF-U>
- [17] L. Margottini, *Italy Science Agency helps publish creationist book*. Science <http://www.sciencemag.org/news/2009/12/italy-science-agency-helps-publish-creationism-book> (2009).
- [18] A. Scaliari *Quando il creazionismo diventò “intelligente”*. Pikaia <http://pikaia.eu/quando-il-creazionismo-divento-intelligente/> (2015).
- [19] J. E. Jones *Decision in Kitzmiller v. Dover*. https://ncse.com/files/pub/legal/kitzmiller/highlights/2005-12-20_Kitzmiller_decision.pdf (2015).
- [20] F. Drake, J H. Wolfe, C. L. Seeger, SETI Science Working Group Report. NASA Technical Paper 2244 <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19840014110.pdf> (1984).

- [21] E. Mayr, *Is biology an autonomous science?*, Towards a New Philosophy of Biology, E. Mayr, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge-USA (1988).
- [22] F. J. TIPLER: "Extraterrestrial intelligent beings do not exist", *Quarterly Journal of the Royal astronomical Society* **21** (1980) 267-281.
- [23] S. Hawking, www.hawking.org.uk/life-in-the-universe.html
- [24] E. Mayr, *The probability of extraterrestrial intelligent life*, Towards A New Philosophy of Biology. Observations of an Evolutionist (Mayr, E., ed.), Belknap, Harvard-USA, (1988).
- [25] https://en.wikipedia.org/wiki/Roswell_UFO_incident
- [26] F. Boero, *La Grande Nota di Frank Zappa Treccani* (2014) http://www.treccani.it/webtv/videos/Int_ferdinando_boero_zappa.html



Ferdinando Boero: Professore di Zoologia dell'Università del Salento e associato al CNR-ISMAR, Genova. Insignito della Medaglia per le Scienze Fisiche e Naturali dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, nell'anno 2017.

Scienza e Pseudoscienza tra verità e opinione

Marco Mazzeo

Dipartimento di Matematica & Fisica "Ennio De Giorgi" - Università del Salento

Pseudoscienza è un termine, non accettato ovviamente da coloro che la praticano, che fa riferimento a tutte quelle teorie o pratiche che solo all'apparenza sembrano scientifiche ma che, al contrario, non sono per nulla tali. Il termine, coniato nel 1843 dal fisiologo Francois Magendie, è una fusione dei due termini $\psi\epsilon\upsilon\delta\omicron$ - (pseudo) di derivazione greca, che vuol dire *falso*, e del latino *scientia*, ovvero *conoscenza*, rivelando già nell'ibrido linguistico l'essenza mendace delle pseudoscienze. Tuttavia un conto sono le definizioni o l'etimologia di questo termine e un conto è *dimostrare* che un dato sapere sia *vero o falso* e possa rientrare o meno in ciò che è ritenuto essere la *conoscenza oggettiva* del mondo, cioè la *scienza*. Possiamo pertanto stabilire cosa sia *scienza* e cosa *no*? Questa è la domanda che ci proponiamo di affrontare in questo lavoro.

Verità o opinione?

Se vogliamo stabilire se sia possibile distinguere affermazioni scientifiche da altre pseudoscientifiche appare ovvio che non è possibile usare categorie strutturate in seno alla stessa scienza, in quanto vi è il rischio di intraprendere percorsi circolari e tautologici, come fanno coloro che so-

stengono che la Bibbia è vera in quanto è scritto ... nella Bibbia. Occorrerà allora intraprendere una sorta di indagine ad "alta quota" osservando "come stanno le cose", per usare un titolo azzeccato di recente traduzione del poema di Lucrezio *de rerum Natura* [1], mediante l'uso di lenti come l'etimologia, la psicologia, la logica e la filosofia nella sua declinazione dell'epistemologia. Come possiamo facilmente comprendere i concetti di *verità*, *oggettività* e *dimostrazione*, di cui abbiamo parlato nella introduzione, rimandano proprio al ruolo della *epistemologia*. L'Episteme rimanda alla verità oggettiva in termini forti e potremmo tradurlo sia come *verità incontrovertibile che con quello di fondamento*. *L'epistemologia quindi vuol dire letteralmente ragionamento sul sapere incontrovertibile* o, usando l'altra accezione, *ragionamento sui fondamenti del sapere*. Al contrario il sapere che è suscettibile di cambiamento veniva in ambiente greco identificato col termine *doxa*, ovvero *opinione*, *credenza*, qualcosa che, al contrario dell'episteme, muta con gli uomini. Il problema di sapere cosa sia *scienza* e cosa *pseudoscienza* è pertanto quello di capire chi è *episteme* e chi *doxa*? Oggi vi è in effetti la tendenza, spesso inconsapevole, a porre un'etichetta di *episteme* a ciò che è ritenuto *scientifico* e di *doxa* a ciò che non lo è. Ne sono prove tutte quelle pubblicità di prodotti cosmetici od odontoiatri che terminano costantemente con la frase testato scientificamente dai nostri ricercatori, quasi ad avvalorarne l'efficacia proprio in virtù della pre-

sunta verità incontrovertibile della scienza. Tuttavia questo è un ragionamento non corretto per quanto riguarda la scienza, perché ogni affermazione scientifica, quando nasce nella testa di chi la propone, è più simile ad una doxa, altrimenti verrebbe meno il termine ipotetico che compare nella definizione di scienza come sapere *ipotetico-deduttivo*, che spesso si usa. La scienza parte infatti da un'ipotesi la quale poi, seguendo una serie di procedimenti e protocolli, o viene eliminata in quanto falsa, cioè non coerente con ciò che si osserva in natura attraverso i protocolli di cui sopra, o passa al rango di episteme. Ad esempio, l'idea di Einstein secondo cui la caduta è moto inerziale ma in uno spaziotempo non euclideo, per quanto bella e raffinata, aveva il rango di doxa finché non è stata in grado di essere formalizzata e di reggere il confronto sperimentale. A quel punto questa doxa formalizzata è stata capace non solo di spiegare ciò che già veniva spiegato dalle teorie precedenti (gravitazione universale di Newton), ma di descrivere anche dati che non rientravano nella cornice newtoniana (precessione dell'orbita di Mercurio) e di fare previsioni controllabili di fenomeni nuovi mediante osservazione ed esperimenti (come la deflessione dei raggi di luce vicino ad una grande massa come il sole che fu visibile nella famosa eclisse solare del 1919). Ciò tuttavia solleva un problema: se da un lato episteme è *conoscenza incontrovertibile sulla natura*, nel senso testé attribuito, ma dall'altro lato la scienza muta soppiantando teorie precedenti, allora come possiamo dire che la verità scientifica sia episteme? E d'altro canto abbiamo detto che la scienza, seguendo protocolli formali, è più di una doxa. A testimonianza di ciò chi tra noi infatti relegherebbe la teoria di Newton, pur superata dalla teoria di Einstein, a mera opinione se abbiamo piantato grazie ad essa la bandiera americana sulla Luna? Aggiungerei inoltre che una qualsiasi forma di conoscenza incontrovertibile non esiste in quanto né i sensi immediati (il motto di Tommaso *se non vedo non credo*) e né il puro ragionamento (il motto *la tua logica non fa una grinza*) possono portare ad alcuna forma di *verità necessaria*. Prova storica è che il dibattito attorno al se dare più fiducia ai sensi o alla ragione va avanti da almeno 2600 anni, da quando cioè i filosofi Milesi come Talete, Anassimandro e Anassimene e quelli di Elea come Parmenide, Ze-

none e Melisso hanno iniziato la discussione tra empiristi e razionalisti, che poi è passata attraverso la scuola dei noti rappresentanti del pensiero filosofico che fanno capolino nel famoso quadro di Raffaello "la scuola di Atene" (fig.1), in cui al razionalista Platone che punta il dito verso l'alto (priorità alle idee e alla ragione) si affianca, in contrapposizione, il suo allievo Aristotele che punta il palmo della mano verso il basso (priorità all'osservazione e ai sensi).



Figura 1: Raffaello Sanzio, *La scuola di Atene* (1509-1511), particolare. Musei Vaticani, Roma. A sinistra Platone, a destra Aristotele.

Ma perchè il dibattito dura da 2600 anni? È ovvio che sensi e logica, presi a sé stanti, non possono portare ad alcuna episteme nel senso dato prima. Infatti gli organi di senso forniscono sì la base del sapere, ma esso è un sapere limitato, in quanto le esperienze dirette si modificano man mano che si procede nell'esplorazione dell'ignoto. I sensi ad esempio stabiliscono che esiste un alto e un basso, che la Terra è piatta e che essa è ferma. Tuttavia sappiamo che: cadere vuol dire cadere verso il centro della Terra (come propose Anassimandro nel VI secolo a.C.), che essa è tonda (come per primo suppose Pitagora e poi Aristotele ed Eratostene dimostrarono), e che

viaggia a centomila chilometri orari nello spazio vuoto (come indirettamente provò Galilei). D'altra parte il solo ragionamento sulla natura porta a paradossi come quelli di Zenone il quale concluse seguendo la sua ferrea logica, dando ragione al suo maestro Parmenide, che tutto è pura illusione [2]. Dunque è evidente (questo sì) che il sapere scientifico non è un *sapere incontrovertibile*, né in virtù dei sensi e né del puro ragionamento. D'altro canto, proprio per questo, epistemologia della scienza è diventato sinonimo più che di ricerca di verità necessarie, piuttosto di studio dei "fondamenti" che la scienza si dà, tradendo tuttavia, nell'idea che questi fondamenti debbano essere studiati e spesso sottoposti a critica, il fatto inevitabile che essi non sono incontrovertibili ma mutevoli. Questa consapevolezza di un sapere debole ha sicuramente generato delusione in coloro che sono stati abituati dalla cultura monoteistica all'idea di sapere forte mediante il concetto di verità assoluta. A tal punto che, troppo spesso, questa incertezza si è tradotta in una concezione sbagliata del termine "teoria" che spesso viene confusa con "ipotesi" o "speculazione", ponendola alla stessa stregua appunto di una opinione. Lo stesso Giovanni Paolo II, nell'ambito del dibattito tra scienza e fede, sostenne che la teoria di Darwin dovesse essere oramai considerata un fatto più che una mera ipotesi. Pur plaudendo a tale apertura nei confronti del darwinismo, che addirittura in altre confessioni viene tuttora tacciato di non essere scientifico, questa affermazione mostra tuttavia una non comprensione di quanto le ipotesi di Darwin fossero già una teoria scientifica nel 1859, nonché una mancata comprensione del concetto di fatto. Più che di fatti in scienza si parla di fenomeni, ovvero del manifestarsi della natura mediante la sua interazione con i nostri sensi, base imprescindibile da cui partire per elaborare teorie. In sintesi il fatto stesso che la scienza sia un sapere in divenire e dunque storico, seppur non rigidamente vincolato alla storia, ha fatto tramontare definitivamente l'idea della incontrovertibilità delle verità da essa proposta e, buttando l'acqua sporca col bambino, ha indotto a ritenere che persino la parte deduttiva della scienza sia da scartare. Un sapere ritenuto debole, in una cultura che si è sempre fondata sul sapere forte fino all'avvento del relativismo dell'era moderna, apre le porte

alle pseudoscienze che, oltre che proporsi come alternativa, pretenderebbero di colmare questa "lacuna" nelle scienze producendo saperi certi e scevri dai protocolli scientifici. Tuttavia, ad un'analisi più attenta, proprio esse rivelano di essere più simili alle opinioni (*doxa*), in quanto manchevoli della parte deduttivo-sperimentale basata su protocolli specifici nonché di progresso storico. L'Astrologia infatti è rimasta la stessa negli ultimi millenni. Ma dunque, se la scienza non è episteme né *doxa*, cosa è? La scienza, scalzando queste definizioni di verità come *episteme* e come *doxa*, introduce una terza categoria: un sapere è scientifico solo se è *doxa* controllata o, in un certo senso, diventa episteme fino a prova contraria, ovvero finché non vien fuori un dato sperimentale o un nuovo e più efficace schema teorico che la mette in discussione determinandone i limiti di applicabilità. La scienza poi progredisce. Evidenza di questo è lo sviluppo della tecnica (τέχνη-*teknè*) scientifica. Oggi, nonostante sappiamo che la teoria di Maxwell è ontologicamente falsa, tuttavia è vera nella pratica, tant'è che continuiamo a progettare sistemi di telecomunicazioni usando le sue equazioni e leggi. In un certo senso la scienza ha rimesso in discussione il concetto di verità come qualcosa di fisso e immobile. Qui già possiamo pertanto fare una distinzione con le pseudoscienze, le quali non solo producono *doxa* ma non si danno protocolli chiari di tipo deduttivo, non evolvono nel tempo e soprattutto non producono *teknè* sviluppata dalla teoria e riproducibile. Certamente è vero che a volte alcune scoperte possono avvenire in via del tutto fortuita ed empirica, sia in alcune scienze (come la metallurgia) che in alcune pseudoscienze (come l'alchimia) senza che quindi vi sia una teoria alla base di tali scoperte. Ma quando la teoria c'è, non solo essa inquadra bene le scoperte empiriche in un contesto cognitivo-teorico più vasto e generale, ma consente anche la realizzazione di ulteriori sviluppi tecnici, studiati prima di tutto teoricamente sulla carta e solo successivamente messe in pratica. Le pseudoscienze al contrario, laddove producono *teknè*, non lo fanno mai mettendo all'opera una teoria sul mondo ma solo attraverso osservazioni spesso soggettive. Ora faremo una digressione sulle origini delle scienze e delle pseudoscienze cercando di mostrare come esse nascano da un miscuglio antropologi-

co di mito, tecnica e filosofia. Le pseudoscienze nascono infatti da un mix formidabile di tendenze ancestrali a fornire spiegazioni alla terribilità e ineluttabilità della natura. Un mix esplosivo soprattutto in occidente il quale ha due anime: la cultura greca e quella giudaico-cristiana. Analizzarle brevemente nei loro rapporti con la natura ci aiuterà a comprendere l'origine taumaturgica e mitologica delle pseudoscienze e la loro tendenza a imporsi anche in un'era scientifica come la nostra. È fondamentale capire come il mito, la tecnica e la filosofia si pongano nei rapporti con la natura. Nel suo manifestarsi agli uomini come processo o volontà ineluttabile, la natura, come ben dirà Aristotele, suscitò negli uomini *thauma* [3], che alcuni traducono con meraviglia e altri con terrore, e da qui, secondo il filosofo, ha avuto origine la filosofia, ma anche il mito e la tecnica.

La natura con gli occhi del mito

Il Mito è una narrazione della natura e dell'uomo investita di significato sacro. Lo sguardo mitologico sul mondo consiste nell'attribuire ai fenomeni naturali la caratteristica di un significato, oppure di una volontà altra, una volontà che spesso esplose nel caos delle forze naturali tra cui pestilenze, eruzioni vulcaniche, terremoti. Scopo dell'uomo è ricercare tale senso e veicolare tale volontà. Entrambe queste tendenze hanno dato origine sia alle pseudoscienze come l'astrologia, l'alchimia, l'Intelligent design, che al rito religioso, il quale diviene la pratica atta a placare l'imprevedibilità del dio di turno mediante il sacrificio. Nella cultura giudaico-cristiana tuttavia si fanno due passi in avanti: da un lato il sacrificio viene compiuto nei confronti del dio supremo, Yhawhé, pura volontà, e la natura, in questa visione dal dio unico onnipotente ma giusto, non è più volontà increata e ingiusta, ma creatura armoniosa e priva di volontà; dall'altro (a causa dell'idea di messianismo diffusa soprattutto nel I secolo d.C.) il tempo da ciclico diventa escatologico, cioè ha una direzione che procede da un inizio (Genesi) a una fine (Apocalisse) e tutto pertanto assume uno scopo finalistico e orientato verso il futuro, il punto Omega, in cui la verità conviverà con l'uomo. Se Dio è giusto la sua creazione è buona ("Dio vide che era cosa buona e

giusta" recita la Genesi). Ecco allora il colpo di genio del cristianesimo: se sia Dio che la natura sono buoni il male proviene da altro: la disobbedienza dell'uomo. L'uomo soffre non a causa di una natura indifferente, come Leopardi dirà, ma in quanto ha introdotto il dolore e la morte con il peccato originale. Tuttavia il dolore e la morte sono vinti dal sacrificio del dio, mediante l'incarnazione in Gesù-Cristo e saranno definitivamente spazzati via alla fine dei tempi. Siccome tutto si risolverà nel futuro il dolore è esaltato come viatico per la salvezza. Da qui derivano, nel nostro razionale occidente, delle conseguenze cariche di significato: se il piacere, che è il contrario del dolore, nel cristianesimo va gustato con moderazione se non evitato in terra, non altrettanto va fatto con la sofferenza, la quale va abbracciata completamente per portare alla felicità nei cieli come fece Gesù-Cristo non rifiutando, sul Gethsemani, di adempiere alla sua terribile missione. Non a caso le chiese sono sempre state riempite di santi martiri e sofferenti. E non a caso in alcune medicine alternative, come quella di Hamer [4], o nel contrasto che vi è sul trattamento di fine vita con la cultura cattolica, la sofferenza fisica si accetta addirittura come determinante per la guarigione: del corpo dal cancro nel caso della medicina di Hamer e dell'anima dal peccato nel caso della fede cattolica. Nella medicina di Hamer il cancro è una malattia autoindotta da un trauma emotivo, dell'anima. Non è diverso in fondo dalla tradizione giudaica in cui la lebbra proveniva dal peccato. L'unica differenza è che nella medicina di Hamer siamo noi a poterci guarire, mentre nella fede giudaica è Dio, che ha potestà sui corpi oltre che sulle anime. È probabile che queste pratiche in cui il dolore non va evitato ma sopportato perché necessario sia per l'anima che per il corpo trovi perciò il fondamento in occidente nella concezione cristologica, che tra l'altro trova il suo apice nel pensiero paolino. Dice San Paolo infatti Completo nella mia carne quello che manca ai patimenti di Cristo, in favore del suo corpo che è la Chiesa [5]. Ma c'è di più. In San Francesco il dolore e la morte diventano compagni di viaggio da accogliere e la natura non solo è buona ma addirittura sorella. In una visione di questo tipo, in cui si esalta la povertà materiale e la sofferenza è semplicemente accettata, ogni conquista della techno-scienza,

a volte fonte di ricchezza per pochi o di alienazione del lavoro se unita al capitalismo e spesso fonte di sofferenza per altri mediante le conquiste tecnologiche in ambito militare, non può che essere guardata con sospetto in occidente, pervaso appunto da una millenaria cultura cristiana. Non che il cristianesimo sia scevro da accumulo di ricchezza, alienazione e sofferenze militari ovviamente. Da questo scontro tra culture con ogni probabilità è emerso il concetto fuorviante e moderno di "naturale" come sinonimo di buono e di "artificiale" come sinonimo di distruttivo. Ovviamente non c'è nulla di dimostrabile in ciò, ma questa è senz'altro una pista da battere per capire che le idee non vengono da sé ma spesso sono veicolate dall'inconscio collettivo, per usare i termini meta-scientifici di Jung, o meglio da fattori antropologico-culturali per usare termini più propri. E da qui l'idea che la "medicina naturale" faccia bene e gli organismi geneticamente modificati (OGM), cioè ossimoricamente organismi artificiali, facciano male. Vedremo ora come l'artificiale sia in effetti considerato male.

La natura con gli occhi della tecnica

La tecnica nasce, alla pari del rituale nel mito, come azione attiva dell'uomo per delimitare in modo artificiale le potenze della natura, o degli dèi, non assecondandole come nel sacrificio, ma incrementando la potenza dell'uomo. La natura non è solo armonia ma anche caos, divenendo spesso nemica e pronta a schiacciarsi. Il mito di Ulisse è chiaro in questo: Ulisse, che si oppone agli dei ed escogita inganni, viene chiamato non a caso da Omero πολυμήχανος, polyméchanos, cioè uomo dal multiforme ingegno (ingegneria meccanica è in effetti una ridondanza). Qui meccanica sta ad indicare proprio il mezzo artificiale con cui l'uomo può ingannare la natura e gli dei. Cos'è in fondo la tecnica se non il tentativo astuto di liberarsi per un pò dalla necessità o limitare il caos della natura usando le sue stesse leggi, cioè il suo aspetto di armonia? La medicina non è in fondo, attraverso la realizzazione di farmaci o gli interventi chirurgici, un tentativo per rimandare l'ineluttabilità della morte o ridurre la sofferenza, vista non più come viatico di salvezza ma

come un male che, sebbene necessario, è meglio evitare? E cosa è l'ingegneria se non un dare prometeicamente all'uomo capacità che non gli sono proprie e con cui dispiegare la sua volontà di potenza sulla natura? C'è da dire che la tecnica guarda alla natura non con lo stesso sguardo incantato del mito. Per plasmarla a proprio piacimento la natura deve essere vista come "oggetto da sfruttare" per la propria sopravvivenza, non più come necessità a cui adattarsi passivamente. Limitando i danni certo, ma comunque al servizio dell'uomo. Da notare che mito e tecnica sono da sempre nemiche in quanto esse limitano entrambe, entrando quasi in competizione, il potere di azione delle potenze naturali: il mito mediante i sacrifici religiosi, la tecnica modificando la natura. C'è da dire che molti atteggiamenti psicologici antiscientifici e contrari all'uso della medicina ufficiale, che usa la tecnica nel suo pieno dispiegamento tanto nelle diagnosi quanto nelle cure, derivano proprio da questo affidare il corpo a macchine e farmaci sintetici di laboratorio, i quali, manipolando la natura (ovvero il bene supremo), vengono visti nelle pseudoscienze come antitetici a ciò che c'è di buono nella creazione-armonia. Non è detto tuttavia che la tecnica sia sempre vista in modo negativo nelle pseudoscienze. Basti pensare appunto all'alchimia, denominata non a caso *Ars Magna*, dove arte vuol dire tecnica, la quale faceva uso di tutta una serie di scoperte empiriche e tecniche, sebbene non derivanti da scoperte e metodi scientifici, come la distillazione. Molti risultati pratici sono rimasti validi e sono confluiti nella chimica, ma l'impianto teorico su cui essi si basavano è ora sepolto nel cimitero delle superstizioni esoterico-religiose, prive di possibilità ontologica di controllo sperimentale.

La natura con gli occhi della filosofia

La filosofia nasce anch'essa, come abbiamo detto per bocca di Aristotele, per contenere *thauma* ma con la ragione (*logos*). La filosofia nasce con i presocratici di Mileto (Talete, Anassimandro, Anassimene) ma anche con gli atomisti (Leucippo e Democrito) secondo cui la natura diventa conoscibile dalla ragione e non mediante il *mithos*,

rendendola non solo oggettiva, al pari di quanto fa la tecnica, ma, cosa che la tecnica non fa, *intelligibile*. Questi due aspetti sono fondamentali: da un lato infatti, se la natura è oggettiva, allora è altro rispetto al soggetto, è cioè indipendente dall'uomo. Al contrario nelle pseudoscienze, come la medicina alla Hamer oppure nell'alchimia, il soggetto è parte integrante del processo conoscitivo o guaritivo. Non a caso nella medicina di Hamer occorre superare i traumi psichici per guarire dal tumore, mentre nell'alchimia il processo alchemico (le moderne reazioni chimiche) ha esito positivo solo mediante un percorso interiore dell'uomo che, una volta divenuto come un illuminato avrà anche realizzato la pietra filosofale o l'elisir di eterna giovinezza [6]. E non a caso l'ascesa dell'interpretazione di Copenhagen, che riporta in fisica quantistica il soggetto come elemento partecipatore (come ebbe a dire il fisico John Archibald Wheeler) ha dato il La a una serie di nuove pseudoscienze come la medicina quantica o di superstizioni come l'idea che il cervello, essendo quantico, possa modificare la realtà e la nostra vita pensando positivo (cosa questa sempre possibile se si è ottimisti ma che poco ha a che vedere con la fisica quantistica) [7]. Dall'altro lato se la natura è intelligibile essa è comprensibile mediante i nostri modelli razionali, incluso la matematica, come Pitagora prima e Platone poi sosterranno. Qui è in nuce l'alba della fisica teorica. Ma cosa deve fare la filosofia per capire la natura? Occorre comprendere l'Arché, dirà Anassimandro, il principio unificante, l'origine da cui scaturisce il molteplice e il divenire [8]. Solo comprendendo l'Arché comprenderemo come stanno le cose e seppelliremo la nostra angoscia e alimenteremo la nostra meraviglia. Parmenide dirà che l'Arché è l'Essere e che non bisogna temere il nulla perché il nulla semplicemente non è. Democrito sosterrà che tutto è atomi e vuoto, cioè sia essere che non essere, e che non dobbiamo temere tanto il nulla quanto le paure nate dalle religioni, che non hanno compreso la vera natura delle cose. Come possiamo vedere la filosofia, che era la scienza dei greci, era intimamente legata ad aspetti etici, al contrario della scienza moderna che troverebbe insensato discutere delle conseguenze etiche della meccanica quantistica. Al contrario spesso le pseudoscienze sono ancora cariche di questa tendenza

a mescolare aspetti naturalistici con aspetti legati alla vita dell'uomo, come l'Astrologia. Non confondiamo però i due piani: un conto è cercare lo scopo della vita umana spinti dal senso di angoscia, altro è cercarne l'origine in un quadro scientifico che prevede la ricerca del principio fondamentale di tutte le cose: l'Arché, che per i fisici oggi, figli di Pitagora, consisterebbe in una bella serie di poche equazioni e principi scritte su una T-shirt, che spieghino tutte le forze e le particelle della natura, chiamata parmenidamente teoria del Tutto. Non sono forse i fisici perciò gli eredi di quella tradizione? Certo una serie di equazioni difficilmente ridurrà l'angoscia che abita l'uomo, ma se non altro ci mostrerà il logos nella sua purezza, se mai riusciremo a trovare una teoria del tutto. Ma proprio per questo però la filosofia e la scienza creano un problema: se la natura si fa oggettiva e intellegibile appare ovvio che essa si svuota sia di significato che di volontà, in piena opposizione ontologica e non solo metodologica al mito. Mito e filosofia diventano pertanto antitetici al pari di mito e tecnica. Bisogna tuttavia evidenziare che la filosofia, in quanto indagine razionale sul mondo, vede nel suo nascere una propensione a considerare la tecnica come non fondamentale per il retto conoscere. Aristotele sarà chiaro in questo nella metafisica, dove dichiarerà che filosofi e artigiani sono e resteranno sempre separati, con i secondi subordinati culturalmente ai primi tanto che nelle università del medioevo non si insegnerà alcun corso di tecnica e tali mestieri bisognerà impararli nelle botteghe. Si dirà nel medioevo infatti che i filosofi ricercano il senso delle cose e le leggi del mondo, i tecnici usano un'arte allo scopo di modificare l'ambiente per ridurre la fatica quotidiana dell'uomo. Questa idea resterà intatta fino al rinascimento a tal punto da ritenere una follia credere che dal sapere di un tecnico potesse emergere una qualche verità sulla natura. Dopo avero elencato i rapporti del mito, della tecnica e della filosofia con la natura ecco allora che siamo pronti per discutere delle origini di scienza e pseudoscienza.

Scienza: una risposta moderna alla meraviglia

La scienza nasce con Galilei in piena era baconiana. Se con la filosofia il soggetto contempla e ragiona in modo chiaro sulla natura, divenuta oggetto di speculazione, e con la tecnica la natura diviene oggetto modificabile per il dispiegamento della potenza dell'uomo a suo beneficio, con la scienza la tecnica diventa addirittura strumento intellettuale di indagine per la ricerca dell'Arché. Come abbiamo detto questa era una bestemmia nel medioevo, intriso di filosofia aristotelica, perché si riteneva che dai saperi manuali non fosse possibile ricavare alcuna conoscenza sui fondamenti della natura. Con Galilei tutto cambia a tal punto che dirà se volete filosofare correttamente dovete andare nelle armerie di Venezia. In altri termini la conoscenza passa dalle botteghe. Dal Verrocchio ad esempio, per imparare a dipingere un Cristo crocifisso o flagellato occorre conoscere l'anatomia. E da Galileo per imparare la cinematica occorre levigare piani inclinati e costruire orologi ad acqua, e per imparare l'astronomia bisognava imparare a molare lenti, cioè a imparare il mestiere del falegname, dell'orologiaio e del vetraio. La natura non è più un interlocutore, ma un imputato messo a giudizio in tribunale e il tribunale è l'esperimento scientifico. Paradossalmente però la natura, da imputato, diventa giudice delle nostre teorie, le quali se sono conformi all'esperimento sono assolte altrimenti sono condannate all'oblio o a diventare letteratura, senza più alcuna funzione conoscitiva. L'esperimento scientifico ha bisogno di tecnica e di macchine, dove la natura evolve in un contesto artificiale (tecnico) in modo più semplice di quanto non faccia normalmente, avendo rimosse le cause accidentali (ad esempio l'attrito). In tale ambiente diviene più facile trovare correlazioni tra quantità. Il fine diviene quello della filosofia, conoscere come stanno le cose, ma, pur non potendo raggiungere una verità incontrovertibile la scienza, per mezzo della tecnica, produce verità quantificabile. E scusate se è poco quantificare la verità! Questa idea è rivoluzionaria, perché se quantifico la verità allora esisterà sempre, scusate il gioco di parole, una verità più vera di un'altra e si produrrà progresso, una idea che con ogni probabilità è

figlia di quel tempo escatologico che i greci, con il loro tempo ciclico, non avevano e che sarà il vero grande lascito del patrimonio culturale del messianismo giudeo-cristiano. Presso i cristiani il passato è infatti peccato e il futuro redenzione, nella scienza post-galileiana il passato è ignoranza, il futuro un luminoso progresso. Occorre pertanto pensare alla scienza nell'atto di speculare, ossia di guardare con ragione la natura, come filosofia e, nell'atto di manipolare la natura al fine di trovare le leggi, come tecnica. Insomma la scienza è una sorta di ibrido tra filosofia e tecnica. Peccato che fisici teorici, fisici applicati e filosofi se ne siano dimenticati producendo spesso saperi sterili perché hanno perso il contatto con le loro mutue intercorrelazioni. Ne sono prova le valutazioni di settore accademico che vanno proprio contro tendenza rispetto alla necessità di interdisciplinarietà. È evidente allora, da quanto detto precedentemente, che le scienze diventano nemiche del mito sia teoricamente, ovvero nello spiegare il mondo, che praticamente nell'atto di salvare l'uomo da *thauma*. Al posto di simbolismi esoterici che nascondono o svelano un significato oggi abbiamo equazioni matematiche. Va detto che la scienza, colpa anche del sistema scolastico, è percepita spesso come una serie di regole astruse e simboliche e, siccome viene raccontata nella nostra società laica come portatrice di verità assoluta, chi non si accorge che essa non è affatto episteme rischia di vedere gli scienziati come dei nuovi sacerdoti. Se questo da un lato può generare in alcuni un facile e banale materialismo è anche vero che altri, per reazione, associeranno gli scienziati a strutture di potere che hanno lo scopo di dominare su un gregge di non-pensanti. Secondo l'opinione diffusa di molti credenti nelle pseudoscienze queste strutture di potere, che deterrebbero a loro dire un sapere incomprensibile e spacciato per vero pur essendo falso, sarebbero le case farmaceutiche per la medicina o le multinazionali petrolifere per l'energia, le quali, in combutta con scienziati e politici, impedirebbero secondo i complottisti che si cibano di pseudoscienze, di diffondere cure per il cancro o nuove fonti energetiche pulite e illimitate, per mantenere lo status quo nelle gerarchie di potere. È in questo mare magnum di complottismo e ignoranza che le pseudoscienze attecchiscono.

Pseudoscienza: una risposta moderna al disincanto della natura

Le pseudoscienze, al pari delle religioni, quando si oppongono alla tecno-scienza dal punto di vista teorico (vedi il caso Galilei e il caso Darwin) cercano tutte di recuperare l'incanto del mondo che la scienza e la filosofia hanno "ucciso" (il Dio è morto di Nietzsche) quando hanno eliminato l'idea che la natura abbia caratteristiche che sono proprie dell'uomo: intelligenza, volontà, significato, etica. Se la natura è intelligente (o è guidata da una intelligenza cosmica o divina che sia) ecco che l'Intelligent Design irrompe sulla scena per spiegare la complessità del vivente e si pretende che questa doxa venga insegnata nelle università americane accanto alle teorie scientifiche. Se la natura è volontà ecco che l'evoluzione, laddove viene accettata, è presentata con la famosa sequenza che va dalla scimmia stupida e ricurva all'uomo intelligente ed eretto, producendo ancora una rappresentazione del finalismo che Telmo Pievani chiama l'iconografia della speranza [9]. Se la natura ha un significato ecco che l'Astrologia si ripropone di svelarlo mediante lo studio delle congiunture astrali. Se la natura è etica, ovvero buona, ecco che in essa troveremo tutto l'armamentario e l'erbario per curare malattie oggi inguaribili come molte specie di cancro [10], se supportate tra l'altro da un comportamento etico verso il prossimo ovviamente, senno' hanno poco effetto. Viceversa, secondo gli pseudoscientziati, la scienza ci oppone una natura materialistica, passiva, indifferente, sicché l'evoluzione darwiniana ci rende figli del caso e una specie animale qualsiasi producendo ateismo e svalutazione nichilistica di valori, l'astronomia ci disperde su un sassolino alla periferia di una galassia qualsiasi producendo angoscia di fronte a un vuoto infinito riempito non di senso ma del non senso di collisioni planetarie e casualità, e profanando mediante il riduzionismo la legge alchemica per eccellenza come in alto così in basso, alla base di quella visione del mondo detta olistica. E la medicina, considerando il corpo come un sistema costituito da parti organiche e non come un tutto olistico produce una tecnica farmaceutica che non tiene conto né della natura integrata e né spirituale dell'uomo. Ecco perché le pseudo-

scienze si propongono come alternative di fondo alla scienza: un ritorno emotivo ad una natura carica delle categorie del mito. L'avvento della meccanica quantistica ha però indotto molti pseudoscientziati a credere che finalmente la scienza si possa liberare dal fardello meccanicistico, atomistico e oggettivistico nella interpretazione della natura, al grido di morte al riduzionismo. Mediante l'uso inappropriato di concetti come universo olografico o natura olistica oggi si grida così alla liberazione quantistica della scienza dal materialismo e perfino dell'uomo attraverso la mente quantica la quale, traendo molte idee da un facile orientalismo, sarebbe la dimostrazione di quanto oramai si dice da secoli: che tutto è Uno. Va detto che la scienza ufficiale non disapprova questa interconnessione tra le cose ma per altre ragioni: da un lato tutto è connesso in un sistema di causa-effetto locale (località alla Einstein) e dall'altra l'entanglement funziona solo quando i sistemi sono coerenti (ovvero microscopici o portati a temperature criogeniche). Il cervello, a quanto si sa, è macroscopico e caldo e dunque classico e non quantistico.

A convincer gli ostinati

Una caratteristica delle pseudoscienze è di produrre concetti vaghi che non sono passibili di controllo sperimentale né di formulazione teorica rigorosa. L'idea ad esempio che dietro la complessità e l'evoluzione della vita vi sia un progetto, cioè una volontà o un fine, non è una idea che può essere controllata mediante esperimento scientifico e dunque non può essere dimostrata falsa dalla scienza. Già Jacques Monod fu chiaro in questo nel suo libro il caso e la necessità sostenendo che la scienza si basa sul cosiddetto postulato di oggettività che se da un lato elimina le cause finali come oggetto della scienza ne determina d'altro canto l'impossibilità di una loro verifica sperimentale [11]. D'altro canto però la ricostruzione a grandi linee della storia della vita ha fatto emergere che, sul nostro pianeta, si sono succedute almeno cinque estinzioni di massa. Pertanto difficilmente l'idea di un progetto che prevede una intenzione può essere sostenuta assieme a una successione di atti di distruzione di massa. Pensare a un dio che si sbaglia cinque volte è un pò troppo. Appare

altresì evidente che, se le cause finali, che già Galileo elimina dall'orizzonte della scienza, non possono essere vagliate dal metodo sperimentale, non si può pretendere che siano insegnate come fossero scienza. Questo non perché abbiamo stabilito una bella mattina che la scienza è solo quella che facciamo oggi ma perché quel tipo di sapere non ha prodotto alcun risultato rilevante sia in termini di visione del mondo che di predicibilità di fenomeni nuovi, nonché di novità tecnologica. Ma è altrettanto chiaro che, anche se si dimostrasse che l'Intelligent Design è falso in modo incontrovertibile, comunque non si riuscirebbe a "convincer gli ostinati", come ebbe a dire Galilei, i quali troverebbero delle argomentazioni per dimostrare che vi è un errore o una ottusità da parte della categoria degli scienziati. Un esempio? Nel caso dell'astrologia è ovvio che la oramai bicentenaria scoperta di pianeti come Urano e Nettuno ha fatto emergere una dura verità per gli astrologi: o le previsioni astrologiche fatte fino alla loro scoperta erano false perché non tenevano conto di tali pianeti, o Urano e Nettuno non hanno alcuna influenza, e non si capisce allora perché rientrano negli oroscopi contemporanei. Nonostante ciò si continua a fare e leggere oroscopi. E molti politici non sono esenti da questo sommovimento dell'irrazionale. Come mai? Colpa della percezione sensoriale, dello schemismo e della tendenza a selezionare solo prove a favore. Molte pseudoscienze, come l'astrologia, si basano eccessivamente sulla verità dei sensi e sulla innata caratteristica del cervello umano di cercare e trovare schemi. Nel primo caso la mendacità risiede nei limiti e nelle distorsioni sensoriali, nel secondo nella mancanza di limite che l'uomo ha a trovare schemi anche dove non esistono. Facciamo un esempio. Se le cose sono troppo distanti i nostri occhi perdono il senso della profondità e dunque non è possibile stabilire le distanze delle cose oltre un certo limite. Le costellazioni appaiono pertanto come insiemi di stelle poste alla stessa distanza. Se aggiungiamo poi che né gli occhi e né le orecchie, adibiti a stabilire le accelerazioni che il nostro corpo subisce, si accorgono del moto della Terra (nei tempi richiesti alle sensazioni per essere elaborate il moto della Terra nello spazio è approssimativamente un moto rettilineo uniforme), ecco che concludiamo di essere al centro di una

gigantesca sfera di stelle che ruota attorno a noi in 24 ore. L'astrologia quindi prende le mosse anzitutto da una distorsione sensoriale. E non è l'unica. Del resto infatti ogni pseudoscienza che esagera nel considerare pochi casi empirici come fossero la regola distorce la verità. Distorsioni sensoriali quindi. Ma le pseudoscienze come l'astrologia, come detto, si basano non solo su problemi di percezione fisica, bensì anche sulla costante ricerca di schemi. Infatti le costellazioni astrologiche, cioè le figure che le stelle formerebbero se uniamo i puntini (ovviamente nel modo che la tradizione alla quale si appartiene tramanda da millenni), sono mere produzioni mentali per nulla diverse dalla produzione dei triangoli immaginari in fig.2. In questa figura sembrano esserci due triangoli: uno bianco che copre un triangolo sottostante e tre cerchi neri, e tuttavia non ci sono evidentemente né triangoli e né cerchi, ma solo tre oggetti neri simili a cerchi privi di uno spicchio e tre coppie di segmenti a forma di V diversamente orientati. È il cervello che ha costruito tali immagini inesistenti.

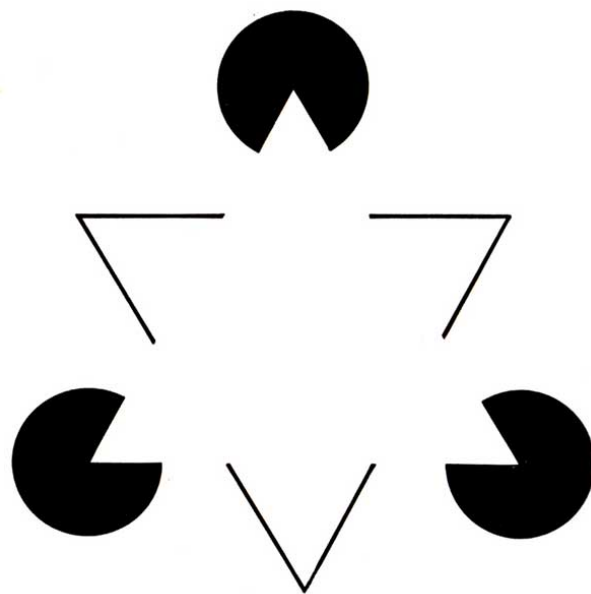


Figura 2: Osservando la figura il cervello ricostruisce un triangolo bianco inesistente, a riprova del fatto che la realtà percepita non è solo una registrazione passiva di dati sensoriali, ma anche una creazione attiva di schemi da parte del cervello.

Lo stesso fa con le costellazioni, insiemi di stelle raggruppate a piacimento. Lo schemismo è una caratteristica innata di Homo Sapiens che torna utile per ritrovare ricorrenze: sapere che

le stagioni sono periodiche ha determinato la nascita dell'agricoltura, con gran beneficio della nostra specie. Ma a volte il cervello produce inganni. È incredibile come, nonostante si sia compreso che la terra non sia al centro di un bel niente, che i pianeti sono mondi al pari della Terra, e che le costellazioni non solo non esistono ma le stelle sono dei soli posti a grandi distanze da noi, si continua a credere a tali fandonie. La risposta continua a essere quella che abbiamo provato a delineare precedentemente: l'uomo cerca di riempire di significato la natura che la scienza ha disincantato. Il mito ancora una volta come risposta al *thauma*. A causa di ciò, oltre che a causa di una errata percezione e uno schemismo onnipotente, si selezionano sempre i dati a favore e si escludono i dati contro. In questo modo le pseudoscienze si adattano come camaleonti alla realtà per il semplice fatto che ci si costruisce una realtà a propria immagine e somiglianza. Un esempio tra tutti: dite ad un astrologo che i dati previsionali degli eventi dell'anno trascorso rientrano in una statistica del tutto casuale e lui vi risponderà o che i dati sono stati presi da gente che come scopo ha quello di screditare in modo ottuso ciò che non conoscono oppure che l'astrologia è materia ben più complessa. Questo modo di fare potremmo definirlo effetto Betlemme, che colpisce anche i fedeli che considerano i vangeli documenti storici. Esso consiste nel fatto che il vangelo di Luca dice che Gesù nacque a Betlemme ai tempi di Quirinio, cioè dal 6d.C. in poi. Il vangelo di Matteo suggerisce invece che era ancora in vita Erode il grande, morto il 4a.C. Ora è evidente che non possono essere vere entrambe le affermazioni. Se si fa notare questa inconsistenza logico-storica tra i due vangeli, la risposta di un fedele fondamentalista sarà quella di trovare argomentazioni archeologiche, storiche e teologiche che rispondano all'esigenza di salvare l'idea che i vangeli dicano la verità storica. Questo dimostra che in genere prima viene la credenza e solo dopo la sua conferma mediante selezione di prove a favore [12]. A onor del vero nemmeno gli scienziati sono immuni dall'effetto Betlemme quando si affeziono troppo alle loro teorie.

Causalità

Sia la scienza che le pseudoscienze si basano sul principio di causalità: determinati effetti sono prodotti da determinate cause. Ma come possiamo dedurre la causa reale dei fenomeni? Analizziamo questa sequenza logica associata ad un paziente malato di tumore e guarito:

A è malato \rightarrow A prende un farmaco X \rightarrow A guarisce \rightarrow Conclusione: X ha guarito A.

Quanti di noi approverebbero questa successione di eventi e cause-effetto? Da notare che è proprio il genere di inferenze logiche prodotte dalle pseudoscienze. Tuttavia occorre comprendere se A fosse davvero malato di quella malattia: spesso infatti le cartelle cliniche non sono rese disponibili dai sedicenti medici. Ammessa tuttavia la presenza della malattia, potrebbero esserci altre cause atte a guarire come una chemioterapia precedente o una remissione spontanea della malattia, inificiando la certezza che sia stato il farmaco X. La medicina ha compreso che questa catena di ragionamenti conduce a correlazioni sbagliate se non sottoposte a protocolli statistici. I quali protocolli, pur fornendo solo una probabilità e non la certezza che il paziente guarisca, si basano proprio su studi statistici che forniscono una certa probabilità che sia proprio il farmaco X a guarire invece di cause altre o di nessuna causa. Non si saprà mai se X ha davvero guarito A, ma possiamo rendere piccola la probabilità che sia altro a guarire se si effettuano esami statistici e scevri dal condizionamento del medico e del paziente (esperimenti a doppio cieco). Tutto questo ricorda in modo impressionante il metodo galileiano. Noi non potremo mai sapere se un grave cade seguendo la legge dei quadrati dei tempi, in quanto non possiamo fare l'esperimento in assenza totale di attrito, o in un campo gravitazionale in cui l'accelerazione g è un vettore perfettamente costante. Ma possiamo ridurre l'incertezza sperimentale al massimo e affermare che i gravi cadono seguendo la legge suddetta entro l'errore sperimentale, dove quell' "entro" è quantificabile. Non un sapere incontrovertibile quindi, ma probabile e temporaneo, come abbiamo detto, ma soprattutto quantificabile. Ma proprio come abbiamo detto, ciascuna teoria produce tecnica che viene usata anche quando altre teorie migliori vengono proposte. Proprio come

si continua ad andare nello spazio seguendo le leggi di Newton, si producono chemioterapici sempre più performanti con lo stesso stile di vent'anni fa: il metodo sperimentale. In conclusione la fallacia della concatenazione precedente è evidente anche se X, invece di essere bicarbonato, è un chemioterapico. Perciò occorre avere migliaia di pazienti per poter inferire, con esperimenti a doppio cieco, una correlazione evidente tra il secondo e il terzo evento. È evidente da quanto detto che ciò che accomuna scienza e pseudoscienze è nella ricerca di schemi. Ma ciò che differenzia le due tipologie di saperi, ammesso che le pseudoscienze lo siano, è un metodo scientifico che fa leva su una comparazione e correlazione statisticamente significativa tra quantità rese pubbliche, a cui gli pseudoscienti si sottraggono. Altrimenti se prima abbiamo parlato di effetto Betlemme nel senso di bias di selezione dei dati che ci fanno comodo, qui potremmo parlare di effetto Lourdes, dove una guarigione viene ritenuta miracolosa per il fatto di essere avvenuta in un luogo sacro.

A è malato → A va a Lourdes dove si dice sia apparsa la Madonna → A guarisce → conclusione: la Madonna ha guarito A.

Va detto che le statistiche a Lourdes indicano un numero di miracoli che è stranamente calato nel corso del tempo (la scienza forse riesce a diagnosticare meglio malattie che non sono tali?) e un numero di guarigioni che, tenendo conto dell'affluenza annuale, rientrano pienamente nelle statistiche di guarigioni spontanee [13].

L'ipotesi nulla

Gli scienziati devono spesso condurre una battaglia di retroguardia per difendere le proprie posizioni, spesso considerate da "guru alternativi" mere opinioni in virtù della *non incontrovertibilità* del sapere scientifico. E di retroguardia effettivamente si tratta: infatti fino a pochi decenni fa, nei grandi dibattiti tra scienza e pseudoscienza, si chiedeva ad un sedicente guru di provare le sue affermazioni sostenendo che, per parafrasare Carl Sagan, *affermazioni straordinarie richiedono prove straordinarie*. Ciò equivale a dire che le sedicenti affermazioni della pseudoscienza devono superare certi protocolli per poter passare allo

status di scientificità. Al contrario oggi sembra quasi esser diventato onere degli scienziati non solo dimostrare le proprie affermazioni, cosa ovvia e che si fa da quando la scienza è nata, ma altresì provare che gli pseudo-scienziati si sbagliano. Insomma oggi spesso l'onere della prova sarebbe a carico dello scienziato non di chi fa affermazioni straordinarie. Per la serie se uno pseudoscienti sostiene che il bicarbonato cura il cancro, deve essere lo scienziato a dimostrare che non è efficace", la qual cosa è ovviamente assurda sul piano razionale in quanto potremmo dire lo stesso della dell'esistenza degli unicorni e dire che essi esistono perché non ci sono prove del contrario. La scienza si basa invece sulla cosiddetta ipotesi nulla: l'ipotesi in esame è *falsa fino a prova contraria*.

Come identificare una pseudoscienza

Tenendo conto di tutte queste difficoltà possiamo delineare un identikit di cosa sia pseudoscienza?

Ecco un vademecum che mostra le comunanze tra le varie pseudoscienze

1. affermazioni impossibili da verificare o da confutare con i protocolli scientifici o mancanza di controllo sui risultati, come il doppio cieco
2. tendenza a ricorrere a canali paralleli a quelli del peer review in conferenze ufficiali o riviste di settore, tacciati di chiusura mentale o di appoggiare lobby di potere
3. tendenza ad argomentazioni apparentemente logiche ma fuori da ogni logica come
 - se una affermazione non è provata esser falsa allora essa è vera
 - se ci sono testimoni che hanno visto un fenomeno con i loro occhi o vissuto un fenomeno sulla loro pelle esso diventa di portata generale (se mio figlio si ammala di autismo a seguito della somministrazione dei vaccini allora i vaccini creano l'autismo)
4. bias selettivo: ovvero selezione di dati a favore della ipotesi ed eliminazione dei dati contro, effetto Betlemme

5. schemismo: tendenza a trovare schemi dove non ce ne sono (ad esempio l'effetto dei pianeti e delle costellazioni sulla vita dell'uomo o le guarigioni miracolose), effetto Lourdes

6. tendenza a richiamare un vago olismo come spiegazione di eventi non spiegabili dal chiaro riduzionismo (quando funziona)

Conclusione: cosa è scienza?

Dopo questo excursus nella filosofia possiamo stabilire anche cosa sia in definitiva la scienza? Lungi dal sottoscritto porre una definizione che sia, appunto, definitiva potremmo dire che la scienza è la ricerca della logica fondamentale (Archè-logos) che sottostà agli schemi catturati dal nostro sensorium. Essa trova gli schemi oggettivi, separandoli da quelli illusori, mediante l'esperimento scientifico e protocolli specifici, e infine produce teorie che generano connessioni tra questi schemi, facendoli diventare aspetti diversi di pochi principi. Il vantaggio della teoria scientifica rispetto a quelle pseudoscientifiche è che essa permette di catturare schemi coerenti che precedentemente non trovavano spiegazione (ad esempio il darwinismo spiega la varietà e distribuzione delle specie al contrario di un creazionismo che non spiega nulla), o di fare previsioni, a seguito delle quali si imposta l'esperimento e si trova esattamente quello schema che si è predetto (fisica), fatto questo che determina la possibilità di fare tecnica. Tale sapere non è né incontrovertibile né opinione, ma è incontrovertibile fino a prova contraria, dove per prova si intende il controllo di una teoria mediante il setaccio di protocolli specifici accettati da tutti, o quasi. Le pseudoscienze non possono essere battute dimostrando razionalmente che esse sbagliano, perchè ciò produce solo un arroccamento delle posizioni. Piuttosto occorre sempre più diffondere attraverso la scuola l'idea di sapere temporaneo prodotto dalla scienza, mediante lo studio della storia delle idee, e cercare di far emergere l'origine tutt'altro che razionale delle istanze che portano le persone a rivolgersi o ad adottare tali pratiche. Origine che trova la sua istanza in thauma, tradotto non con meraviglia ma con angoscia e terrore.



- [1] PIERGIORGIO ODIFREDDI: *Come stanno le cose*. Rizzoli, Milano (2013).
- [2] EDUARD ZELLER, RODOLFO MONDOLFO, GIOVANNI REALE: *Gli Eleati*. Bompiani, Milano (2010).
- [3] Aristotele, *Metafisica*, (a cura di Giovanni Reale) Bompiani, Milano (2011).
- [4] JEAN SERAPHIN, GIORGIO MAMBRETTI: *La medicina sottosopra. E se Hamer avesse ragione?*. Edizioni Amrita, Torino (2000).
- [5] La Sacra Bibbia: Lettera ai Colossesi 1,24, Edizioni CEI (2008).
- [6] Carl Gustav Jung, *Psicologia e alchimia* a cura di M. A. Massimello: Bollati Boringhieri, Torino, (2006).
- [7] ITALO PENTIMALLI, J. L. MARSHALL: *Il potere del cervello quantico*. Uno, Torino (2014).
- [8] GIOVANNI REALE: *I presocratici (Il pensiero occidentale)*. Bompiani, Milano (2006)..
- [9] TELMO PIEVANI: *Homo sapiens e altre catastrofi. Per un'archeologia della globalizzazione*. Booklet, Milano (2002).
- [10] <http://www.scienzaeconoscenza.it/blog/argomenti/cancro-medicina-alternativa-cure-naturali>
- [11] JACQUES MONOD: *Il caso e la necessità*. Mondadori, Milano (2001).
- [12] MICHAEL SHERMER: *Homo credens. Perché il cervello ci fa coltivare e diffondere idee improbabili*. Nessun dogma, Milano (2015).
- [13] LUIGI GARLASCHELLI: *Lourdes. I dossier sconosciuti*. Italian University Press, Pavia (2011).



Marco Mazzeo: è ricercatore in Fisica sperimentale presso il Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi" dell'Università del Salento. Si occupa di nanofotonica e sviluppo di dispositivi molecolari che vanno dalla generazione di luce incoerente (OLED) e coerente (Laser) allo studio di condensati di Bose Einstein a temperatura ambiente in composti organici. Appassionato di storia della scienza e delle religioni monoteiste.

Dietro le quinte

Voi scienziati vedete intorno a voi la materia oscura, che nessun altro vede, e la gente vi crede. A me invece capita, ogni tanto, di parlare con la Madonna. Perché nessuno mi crede?

Anonimo citato in Ref. [1] p. 246

Giampaolo Co'

Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi", Università del Salento, e, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, sezione di Lecce

Questo articolo è rivolto a chi non lavora, e non ha mai lavorato, direttamente nel campo della ricerca scientifica, ma conosce il prodotto finito del lavoro, cioè la pubblicazione dei risultati ottenuti, in un articolo, in un saggio o in un libro. Voglio presentare cosa avviene dopo aver preso la decisione di rendere pubblici i risultati di una ricerca. Prima di essere pubblicato un lavoro scientifico deve superare diversi filtri che, di fatto, configurano dei protocolli ben consolidati, e condivisi, dalla comunità scientifica. La pubblicazione su una rivista scientifica che applica questi protocolli è sufficiente per distinguere, operativamente, tra un lavoro scientifico e uno pseudoscientifico?

Il percorso tradizionale

Si pubblica

Nel corso dei secoli, la ricerca scientifica si è evoluta da un'attività voluttuaria riservata a poche persone che formavano una aristocrazia intellettuale e che appartenevano a minoranze privilegiate di censo, e spesso anche di potere politico, ad una attività necessaria alla vita e allo sviluppo di una società moderna. Rendere pubblici i risul-

tati di questa attività è una necessità sociale. La ricerca scientifica oggi necessita di finanziamenti tali che singoli individui, anche se ricchi e privilegiati, non potrebbero permettersi, e coinvolge un numero di persone molto più ampio che nel passato.

Per questi motivi si è arrivati all'attuale situazione sociologica nella quale l'obiettivo di una ricerca è la pubblicazione. Dal punto di vista pragmatico rendere pubblici i risultati della propria ricerca è diventato lo scopo di ogni singolo ricercatore e scienziato.

D'altra parte, la ricerca è, per sua stessa definizione, un processo in continuo divenire. La decisione di fermarsi per pubblicare i risultati ottenuti non è facile, perché implica l'arrestarsi di un evento che in realtà si sta evolvendo verso qualcos'altro. Non è per niente facile decidere quando fermarsi e pubblicare, cosa e quali risultati. Tutti i risultati acquisiti sono stati ben verificati e valutati? Sono questi i risultati che definiscono bene il livello raggiunto dalla ricerca, o si deve proseguire perché c'è altro da studiare? Se rispondere a queste domande è già difficile a livello individuale, diventa ancora più complicato quando la ricerca è stata svolta in collaborazione, e, oggi, quest'ultima è la situazione più comune.

Le grandi collaborazioni della fisica delle alte energie che coinvolgono centinaia, anche migliaia, di persone di nazionalità differenti hanno svi-

luppato dei protocolli ben precisi per formulare queste decisioni. Ci sono stati casi nei quali la controversia tra chi desiderava pubblicare e chi invece non lo riteneva opportuno è stata molto violenta. Un esempio per tutti riguarda l'identificazione di neutrini più veloci della luce da parte della collaborazione OPERA [2], fenomeno che poi risulterà essere legato ad un difetto della strumentazione utilizzata [3]. In questo caso, la decisione di pubblicare fu presa con una votazione a maggioranza dei membri della collaborazione. Alcuni membri della minoranza si rifiutarono di firmare l'articolo poi reso pubblico. Sembra il resoconto di una attività parlamentare invece di quello di una discussione scientifica.

La rivista

Una volta presa la decisione di pubblicare bisogna scegliere la rivista alla quale inviare l'articolo. Ovviamente è meglio pubblicare su riviste più prestigiose e più consultate dai colleghi. La qualità di una rivista è legata a quante volte gli articoli pubblicati in essa vengono citati. Quindi nel redigere un testo da presentare ad una rivista le citazioni sono un elemento rilevante. Ci sono riviste che non accettano articoli che non facciano riferimento a pubblicazioni della rivista stessa. Le citazioni sono importanti anche per valutare la qualità di un articolo, una ricerca, e anche la carriera del singolo scienziato.

Una volta inviato l'articolo alla rivista l'editore scientifico seleziona uno, o più, revisori che leggono l'articolo per decidere se sia meritevole o meno di essere pubblicato. I revisori rimangono sconosciuti agli autori dell'articolo, questo è un codice deontologico che viene normalmente rispettato. L'anonimato dei revisori è un requisito fondamentale della procedura di pubblicazione. Questo permette ai revisori di esprimere giudizi senza essere condizionati dal rapporto personale con gli autori dell'articolo. È un fatto che le comunità di esperti di un settore sono relativamente poco numerose e si può affermare che quasi tutti i membri di ogni comunità si conoscano personalmente, anche se sono distribuiti sul globo.

L'anonimato dei revisori è necessario per tutelarli non solo dal punto di vista dei rapporti con gli altri componenti della comunità, ma anche

per metterli al riparo da eventuali errori di giudizio. Nella storia della scienza sono famosi alcuni clamorosi errori di valutazione.

Ogni rivista indica ai revisori delle linee guida per formulare il giudizio, che è comunque sempre qualitativo. A volte l'articolo viene rifiutato, oppure accettato in toto. Più frequentemente succede che i revisori chiedano agli autori di fare delle modifiche alla presentazione, o di chiarire meglio alcuni punti. Gli autori possono accogliere o respingere le richieste di modifica specificandole in una lettera all'editore scientifico. Quando si trova un accordo tra revisori ed autori, spesso mediato dall'editore scientifico della rivista, l'articolo entra nel processo editoriale. A questo punto si tratta esclusivamente di sistemare problemi tipografici, ma non c'è altro filtro scientifico che possa impedire all'articolo di essere pubblicato.

Il lavoro del revisore è essenzialmente gratuito. Un tempo alcune riviste davano un rimborso per le spese postali che il revisore doveva affrontare per restituire manoscritti e giudizi. Nel caso di Physical Review si trattava di circa 5 dollari per articolo analizzato. Oggi tutto avviene via internet, e anche questo piccolo rimborso è stato eliminato.

Fino alla fine degli anni '70 del secolo scorso i revisori erano scelti all'interno del selezionato gruppo di scienziati più anziani della comunità. I ruoli erano chiari, i giovani ricercatori producevano nuove idee e ricerche che venivano vagliate dai colleghi più esperti. Il ruolo del revisore era prestigioso. Questa situazione è stata messa in crisi dall'incremento percentualmente costante nel tempo del numero di riviste e di autori. Questa crescita, matematicamente esponenziale, non ha prodotto alcun evento catastrofico, ma è stata affrontata allargando il numero di revisori. Si veda, ad esempio lo studio [4], fatto alcuni anni fa, ma il processo non è rallentato.

Di fatto oggi siamo tutti autori e revisori al contempo, i ruoli non sono più separati, ed il lavoro del revisore non è più considerato prestigioso. Nonostante tutto ciò, il sistema si regge sempre sul principio dei revisori anonimi, non remunerati, e scelti dagli editori scientifici nella comunità di riferimento alla quale gli stessi autori, normalmente, appartengono.

L'avvento della rete informatica

A partire dalla metà degli anni '90 del secolo scorso, le procedure precedentemente descritte hanno dovuto affrontare la diffusione di informazioni attraverso *Internet*. Dal 1995, su iniziativa dei laboratori di Los Alamos in USA, sono stati attivati gli *arXiv* [5], dove la X è in realtà la lettera greca χ , quindi la pronuncia corretta è "archiv". L'idea era quella di costruire un archivio di articoli prima che questi fossero pubblicati sulle riviste. Questo per accelerare la diffusione dell'informazione sulle ricerche più recenti senza attendere i tempi di pubblicazione, a volte anche di diversi mesi. L'inserimento di un articolo negli archivi non è sottoposto ad alcun giudizio di revisori.

L'iniziativa all'inizio era pensata ed organizzata per la fisica, teorica e sperimentale, delle alte energie. L'enorme successo ha coinvolto tutti i rami della fisica e, oggi, negli archivi ci sono anche settori che riguardano matematica, informatica, biologia quantitativa, finanza quantitativa, statistica, filosofia e storia della scienza.

Oggi il sistema è così ben collaudato, diffuso e globalmente riconosciuto, che, in certe comunità, risulta preminente l'inserimento negli *arXiv* di un articolo rispetto all'eventuale, e comunque successiva, pubblicazione su una titolata rivista con revisori anonimi. Ormai le riviste hanno accettato il sistema, e nelle modalità di acquisizione di un manoscritto, c'è anche quella che prevede di indicare il numero identificativo nell'archivio. La rivista stessa provvederà a scaricarlo dagli *arXiv*.

Una volta l'accesso agli *arXiv* era libero, chiunque poteva inviare il proprio contributo. Oggi si deve essere presentati da uno dei membri anziani della comunità, cioè da un autore ha già utilizzato gli *arXiv*, e che garantisce la qualità scientifica del nuovo autore. Questa è la stessa procedura utilizzata per essere ammesso in un club esclusivo.

Problemi ed alternative

Ho presentato il percorso che i risultati di una ricerca devono affrontare prima di essere pubblicati. La discussione sulla validità scientifica, e sulle conseguenze culturali e di altro tipo, di

quanto presentato avviene solo dopo la pubblicazione. In alcune occasioni i risultati vengono annunciati alla comunità in conferenze. In questa sede si avvia la discussione scientifica. Una volta i rendiconti dei convegni, che avevano tempi di stampa relativamente brevi rispetto alle pubblicazioni su rivista, non avevano il vaglio dei revisori nella maggior parte dei casi, ed erano considerati importanti quanto le pubblicazioni su rivista. Oggi hanno perso questa rilevanza, e molte conferenze preferiscono non pubblicare gli atti.

Il percorso che ho presentato, potrebbe essere scelto come discriminante dal punto di vista operativo per identificare risultati da considerare scientifici. Si potrebbe scegliere di definire come scientifiche solo quelle idee, osservazioni e risultati di una ricerca che si sottopongono ai filtri previsti. Questo equivale ad affermare che la scienza è ciò che fanno gli scienziati. Un po' tautologico all'apparenza, ma, operativamente, ben definito. La debolezza di questa definizione operativa di ciò che è scienza è legata ad una serie di limiti interni alle procedure sopra descritte, e alla presenza di percorsi alternativi.

I limiti del percorso normale

La procedura raccontata è basata su un rigoroso e preciso codice deontologico che implica l'assoluta correttezza e buona fede di tutti gli attori coinvolti. Il sistema si basa sull'ipotesi che quanto scritto dagli autori sia vero. Si dà per scontato che tutti i protocolli, le procedure, le analisi e le verifiche che gli autori dichiarano di aver eseguito siano state veramente effettuate e abbiano prodotto i risultati presentati. Così come si dà per scontato che il lavoro sia originale e non sia mai stato pubblicato in altre riviste e da altre persone. Gli autori che non rispettano questi codici deontologici, anche se ciò che fanno non è necessariamente perseguibile dal punto di vista giudiziario, vengono, di fatto, ostracizzati dalla comunità. Pubblicare risultati che poi vengono smentiti da misure, o calcoli, più precisi fa parte della normale dinamica del dibattito scientifico che permette il progresso nella comprensione dei fenomeni naturali. Mentire su quanto si è fatto è un grave atto socialmente riprovevole perché mina alla base quei protocolli sui quali si basa

la comunità. Dal punto di vista del progresso scientifico, ciò che è stato ottenuto con la truffa viene darwinianamente eliminato, con il tempo. Rimane il grave danno sociologico alla comunità degli scienziati.

Non solo la buona fede degli autori è data per scontata, ma anche quella dei revisori. Qui il terreno è molto meno solido, perché il lavoro dei revisori non è reso pubblico e quindi non è soggetto a quel filtro di qualità che offre la comunità. Come già detto, il lavoro non è remunerato, quindi il revisore offre un servizio gratuito alla comunità. Mentre un tempo il revisore era selezionato tra coloro che non avevano più interessi attivi nella ricerca, di carriera, di finanziamenti, di ruolo e di potere accademico, oggi il revisore medio è una persona sullo stesso livello degli autori. Accade molto spesso che il revisore intrattiene una polemica scientifica con gli autori, cioè inserisce nel rapporto revisore-autore, che è limitato e privato, quella discussione che dovrebbe avvenire pubblicamente in modo sia la comunità degli esperti a giudicare. Ci sono poi storie tristi di revisori che hanno utilizzato il loro potere per fermare, o rallentare, la pubblicazione di lavori di autori concorrenti. Purtroppo il comportamento anomalo dei revisori non può essere filtrato dalla comunità proprio per i suoi meccanismi di riservatezza. L'unica arma in possesso degli autori è quella di evitare di inviare manoscritti a quelle riviste nelle quali i revisori non si comportano secondo i criteri deontologici che la comunità richiede.

Da quanto scritto sopra risulta evidente che il giudizio della comunità è rilevante e necessario per filtrare ciò che è scientifico. Questa è la critica più ricorrente da parte degli pseudoscientisti, che molto spesso si immedesimano nel ruolo del genio incompreso. L'immagine propagandata sui media e nell'opinione pubblica è quella di una comunità scientifica ed accademica chiusa in se stessa, pronta a difendere dei privilegi non ben definiti ma sicuramente esistenti e quindi refrattaria ad accettare ogni persona che proviene dall'esterno della comunità stessa.

Vivendo ed operando all'interno della comunità scientifica mi rendo conto di una realtà completamente differente. La comunità scientifica è avidamente alla ricerca di idee nuove e di fenomeni nuovi, di modi alternativi e differenti di

affrontare antichi problemi abbandonati ed insoluti da tempo. È evidente che per essere competitive, ed accettate, le nuove idee devono poter descrivere con la stessa accuratezza quello che quelle antiche descrivevano, ed è qui dove, normalmente, il genio incompreso si ferma. Qualcuno avrebbe mai preso in considerazione le idee di un oscuro impiegato nell'ufficio brevetti della Svizzera, se le soluzioni proposte sul moto browniano, sull'effetto fotoelettrico e sull'elettrodinamica dei corpi in movimento non si fossero perfettamente integrate in ciò che era ben noto e da qui avessero introdotto le novità? La chiusa comunità scientifica dei primi del secolo offrì ad Albert Einstein un posizione all'Università di Berna nel 1908, quindi tre anni dopo aver pubblicato i tre famosi articoli su effetto fotoelettrico, moto browniano e relatività ristretta, e solo due dopo aver conseguito il Dottorato di ricerca. Poi, nel 1921 lo insignì del premio Nobel per la sua interpretazione dell'effetto fotoelettrico.

Percorsi alternativi

Tutto quanto non passa per il percorso delineato sopra viene guardato con sospetto da parte della comunità scientifica.

L'uso delle conferenze stampa per annunciare un risultato prima che venga pubblicato è un fenomeno nuovo. Clamoroso è il caso della fusione fredda, annunciata in una famosa conferenza stampa dai chimici Fleischmann e Pons il 23 marzo 1989. I risultati presentati ai giornalisti non hanno mai superato il filtro dell'attenta lettura dei revisori. Nonostante questo, si è subito attivata una febbrile attività di ricerca per cercare di ottenere qualche risultato legato all'ipotesi di fusione fredda. Oggi, dopo più di 28 anni da quella conferenza stampa, dopo aver investito rilevanti risorse finanziarie, tecniche ed umane, che bilancio possiamo fare di questa esperienza?

Le conferenze stampa fatte per annunciare l'identificazione del bosone di Higgs e, più recentemente, delle onde gravitazionali seguivano, o accompagnavano, la pubblicazione dei risultati sulle riviste scientifiche.

L'uso della rete informatica ha facilitato la diffusione di notizie ed articoli di pseudoscienza. Ad esempio, in alternativa ad *arXiv*, che come è già stato accennato, ha accesso controllato, si

è sviluppato un altro sito, *viXra* [6] che è *arXiv* al contrario, che ha libero accesso e permette di inserire articoli senza alcun filtro. L'analisi di quello che appare in *viXra* è molto interessante perché è uno spaccato di quello che viene prodotto lasciando correre l'immaginazione senza porre alcun filtro. Si trovano degli articoli evidentemente scritti da persone con problemi psicologici, ma accanto a questi ci sono anche articoli di ben altra levatura, al punto tale da essere pubblicati su prestigiose riviste scientifiche passando tutti i tradizionali filtri.

Conclusioni

Le procedure richieste per pubblicare i risultati di un lavoro scientifico filtrano delle opere che possiedono delle specifiche qualità. Dal punto di vista pragmatico, il superamento di queste procedure può essere utilizzato come definizione operativa di scientificità. Sfortunatamente, questi filtri non sono sufficientemente stretti ed obiettivi da poter selezionare in maniera univoca lavori scientifici, e, quindi, di respingere con sicurezza opere pseudo-scientifiche. Il progresso della scienza avviene con il filtro, ed il riconoscimento, della comunità degli scienziati e degli esperti, nonostante i limiti storici e sociologici a cui è questa comunità è soggetta. Il lavoro di chi evita di sottomettersi al giudizio di questa comunità è, comunque, da considerare con sospetto.



- [1] G. TONELLI: *La nascita imperfetta delle cose*. Rizzoli, Milano (2016).
- [2] T. ADAM ET AL.: "Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam", *arXiv:1109.4897 [hep-ex]* (2011).
- [3] T. ADAM ET AL.: "Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam", *Journal High Energy Physics* **12** (2012) 093.
- [4] P. O. LARSEN, M. VON INS: "The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by Science Citation Index", *Scientometrics* **84** (2010) 575.
- [5] arXiv.org
- [6] viXra.org



L'insostenibile leggerezza della pseudoscienza.

Paolo Ciafaloni INFN & Dipartimento "Ennio De Giorgi" - Lecce

La Scienza non si limita a spiegare un singolo fenomeno, bensì tenta di inquadrare il più gran numero possibile di fenomeni diversi in un quadro unitario (detto anche Teoria). In effetti, un singolo fenomeno può essere spiegato letteralmente in infiniti modi diversi, ma pochissime di queste spiegazioni possono essere considerate scientifiche. Nel contesto scientifico sono importanti le connessioni fra osservabili, cioè le relazioni fra i diversi tipi di fenomeni che emergono nell'ambito di una descrizione unitaria. In presenza di fenomeni nuovi e/o nuovi modelli teorici, la prima cosa che una comunità scientifica fa è di capire le relazioni fra nuovi risultati e risultati acquisiti. E' tipico invece della pseudoscienza limitarsi a 'spiegare' il singolo fenomeno con spiegazioni appositamente costruite (*ad hoc*).

In questo articolo racconto una storia realmente accaduta che vede come protagonisti i neutrini. I neutrini sono particelle elementari (cioè, in buona sostanza, indivisibili) particolarmente elu-

sive. In effetti, mentre particelle cariche come ad esempio l'elettrone lasciano tracce negli apparati sperimentali, i neutrini non lasciano tracce e possono essere rivelati solo quando, occasionalmente, interagiscono con la materia producendo altri tipi di particelle che possono, a loro volta, essere rilevati. Un esempio è raffigurato in Fig. 1. Nella figura vediamo alcune delle tracce prodotte da particelle elementari, e osserviamo subito qualcosa di molto strano. Le tracce delle particelle partono da un unico punto e sembrano provenire dal nulla! Inoltre, da dove viene l'energia che le particelle hanno acquisito? Nel considerare un processo fisico simile a questo, W. Pauli nel 1931 giunse a ipotizzare che esistesse una particella invisibile, le cui tracce non si possono rivelare, ma che è in grado di produrre il getto di particelle visualizzato in figura, provenendo da sinistra in questo particolare caso. L'unica alternativa, ragionava lui, sarebbe ammettere che la conservazione dell'energia può essere violata in alcuni casi. Le due ipotesi, esistenza di una particella invisibile (che Pauli e Fermi chiamarono neutrino) oppure violazione della conservazione dell'energia, sono entrambe logicamente coerenti. Ma la seconda è meno plausibile della prima. Un'affermazione come "in alcuni casi l'energia si conserva e in altri no" equivale a rinunciare

ad avere una chiave interpretativa della realtà. Quest'affermazione è talmente vaga che non può essere confutata; non è possibile, cioè, immaginare un esperimento che possa stabilire in maniera inequivocabile che tale affermazione sia falsa, a causa dell'estrema adattabilità dell'affermazione stessa. Al contrario, postulare l'esistenza del neutrino, cioè di una particella con precise proprietà di interazione con la materia, permette di fare predizioni¹ per nuovi esperimenti. Nel 1956 Cowan e Reines confermarono l'ipotesi di Pauli ed oggi sappiamo che i neutrini interagiscono con la materia solo tramite le interazioni deboli, che sono appunto le più deboli fra le quattro interazioni fondamentali note. Per questo motivo i neutrini, poiché interagiscono solo sporadicamente con la materia, possono attraversare indisturbati tutta la Terra. Nell'esperimento di cui ci stiamo occupando, i neutrini vengono prodotti al CERN di Ginevra e rivelati al Gran Sasso dopo un viaggio di 732 km (vedi Fig. 2). Il neutrino che produce il getto di particelle in Figura 1 è proprio il primo ad essere stato rivelato da OPERA il 2 ottobre 2007 dopo un viaggio da Ginevra al tunnel del Gran Sasso.

Il 23 settembre 2011, nell'affollato Auditorium del CERN di Ginevra, venivano presentati alcuni risultati della collaborazione scientifica internazionale OPERA. Nella diapositiva n. 53 del seminario [1] (disponibile al [sito](#)) compare una frase che potenzialmente avrebbe potuto creare una rivoluzione nel mondo della fisica:

Le misure indicano una velocità dei neutrini superiore a quella della luce.

Più precisamente, i dati sembravano indicare che la velocità dei neutrini fosse superiore a quella della luce di circa 7 chilometri al secondo.

I risultati di OPERA sui neutrini superluminali si sono alla fine rivelati essere frutto di errori sperimentali, e la stessa collaborazione ha pubblicato un articolo nel quale le velocità misurate dei neutrini appaiono essere inferiori alla velocità della luce [2]. Tuttavia è istruttivo tornare indietro di qualche anno e chiedersi: che cosa succederebbe se dessimo per buono il risultato iniziale di OPERA? Che implicazioni avrebbe il

¹La parola 'predizione' in questo contesto non indica necessariamente qualcosa che riguardi il futuro. Piuttosto, essa stabilisce che 'se si prepara un dato esperimento in maniera tale che siano soddisfatte una serie di condizioni, allora l'esito sarà questo e quest'altro'.

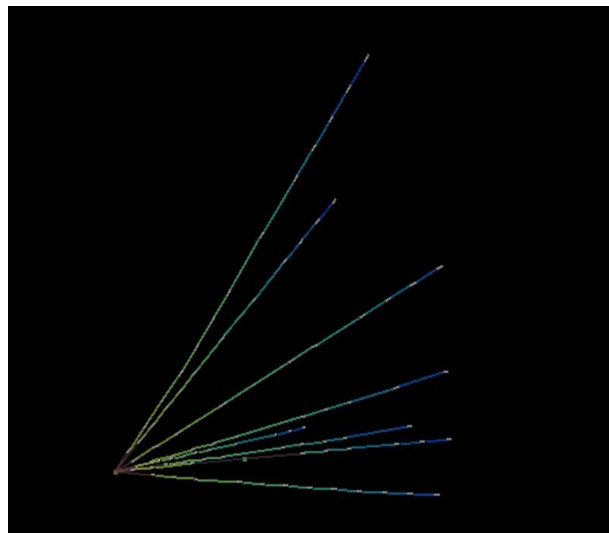


Figura 1: Un getto di particelle che viaggiano da sinistra verso destra viene generato e rivelato all'interno dell'esperimento OPERA. Tale evento, il primo osservato da OPERA, viene interpretato come l'interazione con la materia di un neutrino proveniente dal CERN, a circa 730 chilometri di distanza.

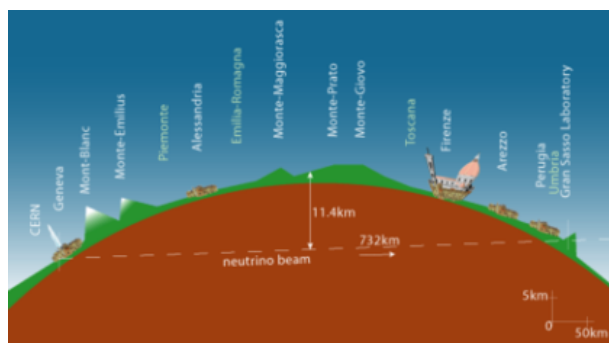


Figura 2: L'esperimento CNGS, che sta per "CERN Neutrino Beam to Gran Sasso", nel quale un fascio di neutrini (Neutrino Beam) originati al CERN di Ginevra, viene puntato verso l'esperimento OPERA al Gran Sasso.

fatto che i neutrini possano viaggiare a velocità superiori a quella della luce? Questo è il tipo di domande che un fisico si pone subito dopo un risultato sperimentale che sembra aprire le porte a nuovi tipi di teorie, oppure dopo aver ottenuto, attraverso calcoli matematici, nuove implicazioni di una data teoria². In effetti, le prime cose che ci

²La parola 'teoria' nel contesto scientifico assume un significato leggermente diverso da quello del linguaggio comune. Una teoria è un insieme interconnesso di ipotesi ed enunciati che hanno lo scopo di spiegare fenomeni naturali. Non è detto quindi che una teoria sia altamente speculativa, o solo una vaga 'ipotesi': può essere il quadro descrittivo migliore che abbiamo al momento.

si chiedono sono Questo risultato è compatibile con i risultati sperimentali noti?, Questi calcoli matematici sono oppure no in accordo con altri calcoli noti svolti da altri scienziati?. Le risposte non devono essere necessariamente positive, ma eventuali discrepanze con risultati noti devono essere evidenziate e messe in rilievo.

Nel caso dei neutrini di OPERA ci si scontra immediatamente con un fatto: sappiamo già che i neutrini viaggiano alla velocità della luce. Il 23 Febbraio 1987 diversi osservatori astronomici sulla Terra registrarono segnali dell'esplosione di una Supernova in una Galassia denominata "Grande Nube di Magellano", ad una distanza circa 168.000 anni-luce dalla Terra (un anno-luce è la distanza percorsa dalla luce in un anno, e corrisponde a circa diecimila miliardi di chilometri). Il punto cruciale per quello che interessa qui è che i neutrini e la luce (fotoni) creati in quell'evento, a meno di piccole differenze temporali dovute al momento di emissione, arrivarono contemporaneamente sulla Terra. Questo significa che i neutrini e la luce hanno viaggiato alla stessa velocità. Se invece i neutrini provenienti da SN1987A avessero viaggiato alla velocità dei neutrini del Gran Sasso sarebbero arrivati circa quattro anni prima. È possibile riconciliare questo fatto con la conclusione di OPERA che i neutrini sono, invece, più veloci della luce? È possibile, anche se non facile. Si può ad esempio osservare che i neutrini generati dalla Supernova sono molto meno energetici di quelli del fascio del CERN. La velocità dei neutrini potrebbe dipendere dalla loro energia ed essere vicina alla velocità della luce per le energie tipiche di emissione da Supernova, ma significativamente superiore per i neutrini di OPERA. Una tale dipendenza contrasta con quanto previsto dalla teoria della relatività di Einstein, che potrebbe dunque non essere valida per i neutrini.

L'affermazione "Se i neutrini viaggiano più veloce della luce, allora è necessario modificare la Teoria della Relatività di Einstein" potrebbe sembrare innocua: è una conseguenza della teoria della relatività il fatto che nessun corpo né segnale possa viaggiare più veloce della luce. Tuttavia, quando alla fine di ottobre 2011 scrissi un [articolo](#) [3] (vedi anche il [successivo](#)) [4] sul blog di divulgazione scientifica [Science 2.0](#) [5], venni attaccato sia sul piano scientifico che su quello personale.

I vari attacchi risultavano, sia a me che ad altri colleghi cui feci leggere gli articoli ed i commenti, totalmente privi di senso dal punto di vista scientifico. Perché successe questo? A mio parere, perché non è molto diffusa la comprensione di quello che significhi una discussione scientifica. Quando interviene un risultato sperimentale nuovo, oppure si propone un nuovo modello teorico per l'interpretazione dei fenomeni naturali, c'è una cosa che ogni scienziato tipicamente fa: cerca di capire le *implicazioni* del nuovo risultato, e le sue *connessioni* con altri risultati sperimentali noti e con altre teorie accettate dalla comunità. Come ho evidenziato nel mio precedente articolo su Ithaca [6], lo scopo finale è quello di trovare un quadro descrittivo che sia il più possibile unificante, universale e semplice, inglobando i nuovi risultati. Lo sforzo da fare diventa allora grande, ed è per questo motivo che, ad esempio, i fisici difficilmente abbandonano i quadri descrittivi esistenti come il Modello Standard delle particelle elementari. Per adottare un nuovo quadro descrittivo occorre che quest'ultimo sia compatibile con i risultati noti e consolidati, e che abbia qualcosa in più: descriva nuovi fenomeni e/o sia più semplice, più unificante. Il nuovo quadro deve essere *predittivo*, cioè fornire spiegazioni per i fenomeni nuovi e predire nuovi tipi di fenomeni, nuove *connessioni* fra esperimenti diversi. Tutto questo non ha nulla a che vedere con il presunto conservatorismo di cui spesso l'"establishment" scientifico viene accusato su Internet. Anzi, gli scienziati sono i primi a mettere continuamente alla prova le teorie esistenti per scoprire, tramite osservazioni ed esperimenti, possibili "falle" in quanto già si conosce.

Tornando ai neutrini, anche se gli scienziati non prendono l'ipotesi di una modifica della teoria della relatività a cuor leggero, tale possibilità non è esclusa; proviamo a procedere su questa linea. A questo punto sorge la domanda seguente.

L'ipotesi che la teoria della relatività sia violata e che la velocità dei neutrini cambi con l'energia in modo compatibile sia con i dati di OPERA che con quelli di SN1987A implica contraddizioni con altri fatti sperimentali noti?

Nel tentativo di risposta a questa domanda risiedono le vere difficoltà interpretative del risultato sperimentale. Fra i vari articoli con i quali

i fisici del settore hanno provato a rispondere a questa domanda, ne segnalo due che ritengo particolarmente interessanti. Nel primo [7] si sfrutta il fatto che le interazioni deboli mettono in comunicazione il neutrino con un signore molto noto: l'elettrone. Gli autori fanno notare che l'anomalia misurata nella velocità del neutrino altererebbe anche le proprietà dell'elettrone in una misura incompatibile con i risultati noti e stabiliti di numerosi esperimenti. Nel secondo articolo, autori A. G. Cohen e S. L. Glashow [8], si fa uso di un'analogia con l'effetto Čerenkov, che crea una caratteristica luce azzurra osservata tipicamente nei reattori nucleari. Questa luce è creata da una particella, ad esempio un elettrone, che viaggia in un mezzo a velocità superiore a quella della luce nel mezzo stesso, perdendo energia per irraggiamento. L'effetto Čerenkov è legato alle interazioni elettromagnetiche dell'elettrone con il fotone; se i neutrini viaggiassero più veloce della luce dovrebbero perdere energia per un effetto simile, legato questa volta alle interazioni deboli. Gli stessi dati di OPERA ci dicono che questa perdita di energia non avviene: i risultati di OPERA, secondo Cohen e Glashow, sono quindi contraddittori.

Ci si potrebbe chiedere se i due articoli citati, e altri che seguono la stessa linea di pensiero, dimostrino che i neutrini non possono viaggiare più veloci della luce. Non è così, anzi un'affermazione del genere non si può dimostrare. In primo luogo, i due articoli raggiungono conclusioni quantitative. Se l'anomalia della velocità dei neutrini fosse molto più piccola di 7 km/s, non si evidenzerebbe alcuna contraddizione. In secondo luogo, una singola osservazione può sempre essere spiegata in diversi modi. Però mi pare che le possibili spiegazioni alternative che sono finora venute in mente ai fisici assomiglino molto alla soluzione scartata da Pauli nel 1931: sono poco plausibili. Ad esempio, è possibile ipotizzare che l'energia non si conserva e/o che gli eventi registrati al CERN e quelli registrati da OPERA non hanno alcun nesso causale. Ma questo tipo di spiegazione è sterile, cioè non conduce ad alcuna predizione nuova e si esaurisce in se stessa, essendo appunto, creata ad hoc. Noi come scienziati dobbiamo preoccuparci di fornire un quadro descrittivo unitario della realtà. E, come ho segnalato, qui nascono le difficoltà: non

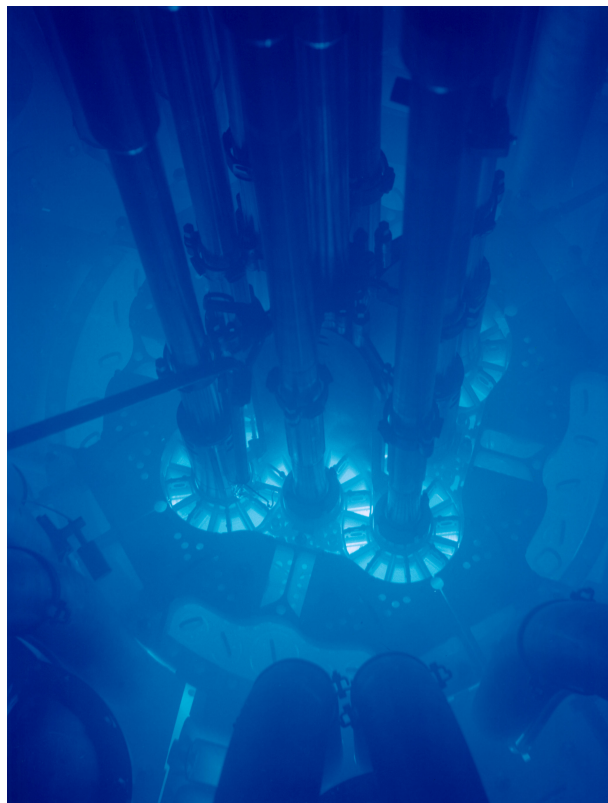


Figura 3: Luce Čerenkov, dal caratteristico colore blu, all'interno di un reattore nucleare. In questo caso la luce è prodotta da elettroni che emettono radiazione luminosa, cioè fotoni. Nel caso di OPERA, i neutrini dovrebbero emetter coppie elettrone-positrone perdendo energia.

è possibile alterare una parte del quadro senza modificarne un'altra parte, a causa dell'insieme di vincoli, fatti e ragionamenti logici che formano il quadro stesso. È necessario, invece, cercare un nuovo quadro interpretativo complessivo, e occorre crearne uno nuovo senza incorrere in contraddizioni.

Per contrasto, quale potrebbe essere un atteggiamento non scientifico, o pseudo scientifico, nei confronti dei neutrini superluminali? Un tipico approccio che non viene considerato scientifico è quello di cercare spiegazioni ad hoc, cioè valide solo per il fenomeno, il risultato preso in considerazione. Il punto è che di spiegazioni valide per un solo fenomeno preso a sé ne esistono letteralmente infinite, ed è impossibile discernere quale possa essere quella giusta. All'epoca col mio compagno di ufficio Giampaolo Co' ci divertivamo a trovare le spiegazioni più fantasiose nonché impossibili da dimostrare o falsificare. Una delle più ingegnose era: un alieno dispettoso e invisibile si diverte a tirare neutrini vicino al

Gran Sasso. Di nuovo, questa spiegazione non è logicamente esclusa. Però sfugge clamorosamente a qualsiasi inserimento in un contesto più ampio (oltre ad essere francamente improbabile), ed è quindi non scientifica. Alla ricerca di una spiegazione un po' più valida dal punto di vista scientifico, si potrebbe argomentare che forse per i neutrini non vale la conservazione dell'energia che è una legge nota essere universalmente valida in tutti i contesti conosciuti. In questo caso infatti, ad esempio cadrebbe la critica mossa in [8], che è basata appunto sulla validità di tale legge. Ma si tratterebbe di una spiegazione *ad hoc*, e come tale sterile: dando uno status particolare ai neutrini in particolari condizioni sperimentali quali quelle di OPERA, non consentirebbe di trovare connessioni con altre osservazioni e fenomeni. In sostanza, si tratterebbe di una non-spiegazione.

È interessante osservare gli sviluppi successivi della storia dei neutrini superluminali. Malgrado le difficoltà interpretative dei primi risultati di OPERA che ho segnalato, sarebbe antiscientifico semplicemente 'cancellare' tali risultati come errati e proseguire non tenendone conto. Invece, è necessario che persone diverse da quelle che ottengono il risultato 'eclatante' tentino di ripetere l'esperimento e si confrontino coi risultati precedenti; il tutto nella atmosfera pubblica e aperta che è caratteristica della comunità scientifica. Nel marzo del 2012 la collaborazione ICARUS pubblicava risultati indipendenti sulla velocità dei neutrini [9], stavolta in accordo col limite della velocità della luce e quindi con la teoria della Relatività. Infine, nel luglio del 2012 la stessa collaborazione OPERA pubblicava risultati aggiornati [2] compatibili con il limite della velocità della luce. Gli eclatanti risultati iniziali erano, in fin dei conti, dovuti ad un problema con le apparecchiature utilizzate per la misura, e questo chiude la storia dei neutrini superluminali.

Questa storia è un tipico esempio di come procede la Scienza. Acquisire nuovi risultati scientifici non significa non fare errori. Al contrario, è il processo di confronto e discussione pubblica all'interno della comunità utilizzando il metodo scientifico che consente, alla fine, di discriminare le idee buone da quelle cattive e i risultati validi da quelli che validi non sono.

- [1] <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=155620>
- [2] T. Adam *et al.* [OPERA Collaboration], JHEP textbf 1210 (2012) 093 doi:10.1007/JHEP10(2012)093 [arXiv:1109.4897 [hep-ex]].
- [3] http://www.science20.com/third_millennium_physics/faster_light_neutrinos_and_relativity-84111
- [4] http://www.science20.com/third_millennium_physics/faster_light_neutrinos_and_relativity_ii_million_dollar_bet-84340
- [5] <http://www.science20.com>
- [6] http://ithaca.unisalento.it/nr-5_2015/articolo_Iip_05.pdf
- [7] G. F. Giudice, S. Sibiryakov and A. Strumia, Nucl. Phys. B textbf 861 (2012) 1 [arXiv:1109.5682 [hep-ph]].
- [8] A. G. Cohen and S. L. Glashow, Phys. Rev. Lett. textbf 107 (2011) 181803 [arXiv:1109.6562 [hep-ph]].
- [9] M. Antonello *et al.* [ICARUS Collaboration], Phys. Lett. B textbf 713 (2012) 17 doi:10.1016/j.physletb.2012.05.033 [arXiv:1203.3433 [hep-ex]].



Paolo Ciafaloni: un ricercatore in fisica teorica presso l'INFN e l'Università del Salento; vive ad Arnesano in provincia di Lecce. Laureato a Pisa nel 1991, si occupa di fisica delle particelle e di cosmologia.

La diffusione dell'ideologia antivaccinista

Se oggi è possibile avanzare dubbi sull'opportunità di una campagna vaccinale è perché probabilmente si è persa la memoria storica delle epidemie e della mortalità infantile che prima che fossero scoperti vaccini e antibiotici falciavano letteralmente intere generazioni.

— Walter Ricciardi, Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) 2016

Antonella De Donno

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali Università del Salento, Lecce

Alessandra Panico

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali Università del Salento, Lecce

Giovanni Gabutti

Dipartimento di Scienze Mediche, Università di Ferrara, Ferrara

Ivaccini hanno cambiato la storia della medicina e si sono affermati come strumento fondamentale per la riduzione della mortalità e morbosità delle malattie infettive, modificandone profondamente l'epidemiologia. Nel corso del tempo le vaccinazioni hanno prodotto un beneficio non sempre percepito dalla popolazione e, al giorno d'oggi, spesso manca la consapevolezza dell'importanza dell'intervento vaccinale. L'impatto che i vaccini hanno avuto sull'incidenza di molte patologie ha modificato in modo sostanziale la percezione delle stesse da parte dei cittadini e questo ha favorito la nascita di movimenti antivaccinisti, che focaliz-

zano l'attenzione dell'opinione pubblica sugli eventuali effetti collaterali o avversi correlati all'immunizzazione. Per scongiurare la diffusione dell'ideologia antivaccinista e la radicazione del senso di diffidenza nei confronti della medicina convenzionale e di chi la esercita è necessario migliorare la qualità dell'informazione e della divulgazione delle nozioni scientifiche e creare una relazione diretta tra genitori e operatori sanitari.

I vaccini rappresentano una delle principali risorse sanitarie per la prevenzione primaria delle malattie infettive e il loro impatto sulla salute della popolazione mondiale è stato e rimane fondamentale. L'utilizzo dei vaccini ha, infatti, con-

sentito di ridurre drasticamente l'incidenza delle malattie infettive, molte delle quali invalidanti (poliomielite, epatite B, ecc) e ad elevata letalità (difterite, tetano, meningite, ecc). L'impiego della vaccinazione ha portato all'eradicazione del vaiolo, cioè alla scomparsa sul nostro pianeta sia della malattia che dell'agente patogeno. La riduzione dell'incidenza di molte malattie infettive, conseguente alle campagne di vaccinazione da tempo in essere, unitamente al miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie ed alla disponibilità di opzioni terapeutiche più mirate, ha comportato, tuttavia, una ridotta percezione dei benefici apportati dalle campagne vaccinali e la convinzione che le malattie infettive siano ormai meno pericolose e che dunque non sia più necessario vaccinarsi. Le malattie infettive rimangono, invece, un problema sanitario serio e la vaccinazione resta il più efficace e sicuro strumento per prevenirle. L'impiego della vaccinazione assume anche un valore sociale; i vaccini, infatti, capaci di proteggere il singolo individuo possono allargare contestualmente questa azione protettiva all'intera comunità. Si tratta del cosiddetto "effetto gregge": più alto è il numero delle persone vaccinate e meno circolano i microrganismi nella popolazione e potranno godere della protezione anche i pochi soggetti non vaccinati. Affinché questo effetto risulti efficace è, però, necessario che il numero delle persone vaccinate sia elevato (90% circa della popolazione obiettivo dell'intervento vaccinale). Inoltre bisogna tener presente che, nel mondo globalizzato in cui viviamo oggi, le infezioni possono "viaggiare" facilmente da un Paese all'altro e riemergere anche in aree dove erano state debellate in precedenza. Per esempio, poliomielite e difterite sono tuttora presenti in alcune zone del mondo e quindi il rischio di contrarre queste patologie è ancora concreto.

LA NASCITA DEI VACCINI E DEI MOVIMENTI ANTIVACCINISTI

Nel Settecento si affermò nei paesi occidentali un approccio preventivo nei confronti delle malattie che portò alla scoperta delle vaccinazioni. Ma già secoli prima (1000 d.C.) in Oriente si diffuse una tecnica chiamata "variolizzazione", ossia l'inoculazione del virus del vaiolo in un



Figura 1: Edward Jenner vaccina un bimbo contro il vaiolo.

soggetto sano a partire da materiale infettivo prelevato da soggetti malati al fine di prevenire la malattia naturale. La scoperta della tecnica della vaccinazione, come metodo per sconfiggere le malattie infettive impedendo il contagio dei soggetti sani, appartiene a Edward Jenner, medico e ricercatore inglese. Nel 1796 egli innestò nel braccio di un bambino di 8 anni una piccola quantità di materiale purulento prelevato dalle lesioni di una donna malata di vaiolo vaccino. Il bambino non ebbe alcun disturbo e in seguito Jenner dimostrò che il piccolo era diventato immune alla malattia. A questa pratica venne dato il nome di vaccinazione [1]. Alla fine del 1796 Jenner inviò un articolo alla Royal Society (associazione scientifica britannica), descrivendo 13 casi di soggetti immunizzati, ma la Royal Society si rifiutò di pubblicarlo e Jenner lo pubblicò successivamente a proprie spese. Questo fatto è emblematico di come la comunità scientifica accolse con diffidenza questa nuova tecnica che venne ostacolata anche dalla Chiesa, in quanto considerata "pratica contraria alla volontà di Dio". Jenner in pratica sperimentò un'efficacissima misura preventiva contro una malattia virale circa 100 anni prima che venisse riconosciuta la responsabilità di un "microrganismo filtrabile" in una malattia trasmissibile (virus del mosaico del tabacco, avvenuta nel 1892). Dalla fase empirica-pratica di Jenner, si passò successivamente a quella scientifico-sperimentale rappresentata dalla "rivoluzione pasteuriana" conseguente alle scoperte ed agli studi scientifici di Pasteur. In quegli stessi anni venne fondata la "Società degli antivaccinatori" che non riconosce-

va i benefici portati dai vaccini nella popolazione e si opponeva al loro utilizzo, adducendo, in sostanza, le stesse motivazioni ancora oggi spesso ribadite dai moderni antivaccinatori: il diritto alla libertà personale, alle proprie convinzioni filosofiche, all'indipendenza dalle interferenze governative che obbligavano a vaccinare, i rischi per la salute nel somministrare i vaccini a soggetti sani. Nel 1869 venne pubblicata la prima rivista conosciuta sull'opposizione alle vaccinazioni *The Anti-vaccinator* [2] e nel 1878 uscì il libro "150 reasons for disobeyng the vaccination law by persons prosecuted under it". In generale l'opposizione alle vaccinazioni si riaccendeva ogni volta che veniva introdotto un nuovo vaccino. Un relativo periodo di calma sul piano del dissenso si è verificato tra gli anni 1940 e gli anni 1980, epoca in cui il progresso vaccinale fu enorme, per l'aumentata consapevolezza dei danni provocati dalle epidemie di malattie infettive, il progresso sociale e l'aumento del livello di istruzione [3]. La visibilità dei movimenti antivaccinisti tornò ad aumentare con il facile accesso ai mezzi di comunicazione di massa a partire dagli anni '70. Pertanto la storia dei movimenti antivaccinisti inizia con la nascita e la diffusione stessa dei vaccini. Allora come oggi, la mancata o sottostimata percezione dell'entità dei rischi di contrarre una malattia infettiva contrastava con la sovrastima dei rischi effettivi del vaccino utilizzato per combatterla, portando alcuni a credere che la cura (o meglio, la prevenzione) potesse essere peggio della malattia.

LA PERCEZIONE DEL RISCHIO

La diffusione della prevenzione vaccinale è andata di pari passo con la riduzione delle infezioni, delle conseguenti sequele invalidanti e delle morti premature. Al giorno d'oggi sono in molti a non avere mai visto le conseguenze di un'infezione vaiolosa, difterica o da poliovirus e nel corso degli anni è diminuito sempre di più il numero di persone che sono venute a diretto contatto con queste patologie. Questo ci fa capire come mai l'attenzione di una parte della popolazione si sia spostata sui possibili effetti collaterali dei vaccini. Chi ha sperimentato di persona o indirettamente le gravi conseguenze, a volte mortali, di queste infezioni accetta più facilmente la vac-

nazione e, anzi, la richiede. Pertanto la mancata possibilità di confrontare le eventuali reazioni avverse ai vaccini con i rischi derivanti da una malattia condiziona la percezione del rischio e fa venire meno l'accettazione del vaccino stesso. Di conseguenza per i genitori di oggi è diventato meno intuitivo operare una scelta, rispetto a qualche decennio fa, proprio perché manca un elemento diretto di confronto. Un altro fattore che può influenzare la percezione del rischio legato al vaccino è la sequenza temporale di alcuni eventi: spesso si commette l'errore di ritenere che un evento che segue cronologicamente un altro sia direttamente causato dal primo. Ma bisogna distinguere tra relazione causale (rapporto causa-effetto) e temporale (dovuta al caso). Il problema nasce quando la convinzione dei genitori, secondo cui un evento avverso è sicuramente provocato dalla vaccinazione, prevale sull'effettiva correlazione tra i due e la presunta relazione viene supportata e amplificata dai mass media e dai movimenti antivaccinisti. Il fatto che il vaccino venga somministrato ad un bambino sano, condiziona ulteriormente il consenso da parte dei genitori per i quali risulta più semplice accettare un effetto collaterale provocato, per esempio, da un farmaco dato come terapia ad un individuo già malato, rispetto ad una reazione al vaccino. Alcuni genitori posti di fronte alla scelta di far vaccinare o meno i propri figli, ritengono che sia più conveniente non fare nulla, ossia non vaccinare: questo perché viene scelto il comportamento percepito come meno rischioso dal punto di vista psicologico [4]. Purtroppo nel caso delle malattie infettive non vaccinare rappresenta il comportamento più rischioso, sia a livello individuale che di popolazione.

INTERNET E LA PROPAGANDA ANTIVACCINISTA

Gli antivaccinisti si identificano in gruppi variegati, ma molto attivi in Europa e negli Stati Uniti, talvolta facenti parte di alcune comunità religiose o seguaci di particolari filosofie: tuttavia, nonostante rappresentino una fascia minoritaria della popolazione, l'avvento di internet e la diffusione dei social network hanno consentito una vasta diffusione del loro messaggio con ampie

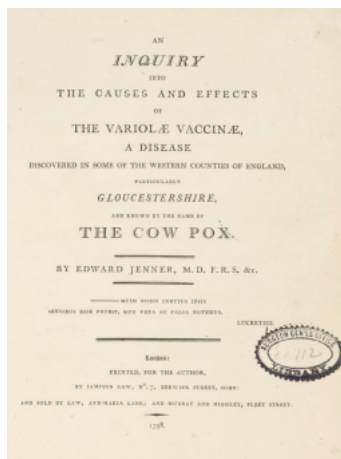


Figura 2: Pubblicazione dello studio di Edward Jenner sul vaccino contro il vaiolo.

ripercussioni sulla popolazione generale [5, 6, 7]. Senza dubbio internet ha molti aspetti vantaggiosi ma spesso risulta difficile valutare la qualità delle informazioni presenti. Alcuni studi relativi alla qualità dell'informazione sanitaria presente in rete hanno evidenziato come spesso i contenuti riportino affermazioni lontane dalle evidenze scientifiche, ricche di argomentazioni puramente ideologiche e spesso estrapolate da contesti complessi al di fuori dei quali perdono di significato [8, 9]. Nel 2002 sono state pubblicate due analisi [8, 10] che dimostrano come sia più facile "incontrare" siti antivaccinisti che non istituzionali utilizzando i più comuni motori di ricerca disponibili. Purtroppo non tutte le informazioni che circolano, anche in forma di pubblicazioni apparentemente autorevoli, sono scientificamente corrette e per i genitori può essere difficile operare una scelta consapevole [11, 12]. Tra le numerose obiezioni sollevate dai movimenti contrari ai vaccini, troviamo quelle riferite alla presenza di sostanze tossiche, alla possibilità di determinare la comparsa di malattie gravi come l'autismo, il diabete o altre malattie autoimmuni. I gruppi contestano le evidenze scientifiche pubblicate in letteratura e sostengono la falsificazione dei risultati. Inoltre spesso utilizzano un tono complottistico (governi corrotti, case farmaceutiche interessate al profitto, ecc.) e sono caratterizzati da una posizione di sfiducia verso le Autorità di Sanità Pubblica [13, 14]. Gli argomenti usati per screditare le campagne vaccinali sono spesso completamente infondati e molta letteratura

scientifica negli ultimi decenni ha smentito tali obiezioni [15, 16, 17, 18, 19, 20]. Tuttavia le informazioni degli antivaccinisti riescono a insinuare dubbi e creare confusione anche in quei genitori che non sono contrari alle vaccinazioni ma che cercano di arrivare ad una scelta consapevole con risposte certe ai quesiti sulla sicurezza e tollerabilità [21].

Le tecniche di propaganda utilizzate da questi movimenti riguardano: uso di argomentazioni emotive, per evocare nel pubblico una risposta emozionale volta a "operare per il bene dei propri figli"; reiterazione di ipotesi smentite da molteplici studi epidemiologici; utilizzo improprio delle statistiche per tentare di invalidare i risultati delle vaccinazioni (ad esempio far passare il tetano come una malattia tipica della tarda età, mentre l'attuale incidenza del tetano risulta elevata tra gli anziani proprio perché bambini e giovani adulti sono quasi tutti vaccinati); citazioni di fonti non autorevoli, per esempio riviste non scientifiche, medici privi di credenziali scientifiche nel campo dei vaccini e dell'epidemiologia delle malattie infettive, oppure, in altri casi, vengono citate fonti autorevoli (studiosi accreditati, autorevoli riviste scientifiche, istituzioni come l'OMS) ma isolando frasi dal contesto del discorso in modo da conferire loro un significato opposto a quello originale; far credere che esista una controversia tra gli studiosi quando in realtà la comunità scientifica discute continuamente su tutti gli aspetti dell'immunizzazione ma non esiste chi è pregiudizialmente contrario alle vaccinazioni; raccontare mezze verità, ad esempio affermando che i vaccini provocano shock anafilattico ma omettendo la reale portata del fenomeno (<1 caso per milione di dosi); prospettare rischi nel lungo periodo, insinuando che un vaccino potrebbe determinare danni che si rendono visibili solo dopo molto tempo ("non sappiamo che cosa succederà tra 20 anni a tutti i bambini che vengono vaccinati adesso"); in realtà è dimostrato che i vaccini sono molto sicuri e che le varie ipotesi sul rapporto tra determinati vaccini e alcune reazioni indesiderate gravi sono state in seguito smentite da solidi studi scientifici; la teoria del complotto, secondo cui i vaccini rappresentano un grosso business e medici, industrie farmaceutiche, Università, Enti Governativi che si occupano di prevenzione delle malattia in-

fettive e Associazioni scientifiche opererebbero insieme in una logica di puro profitto.

FALSI MITI SUI VACCINI

In passato sono state ipotizzate associazioni tra vaccini ed alcune patologie, successivamente confutate grazie all'analisi di studi epidemiologici che hanno consentito di escludere rapporti di causa-effetto. La presunta associazione tra il vaccino MPR (morbillo-parotite-rosolia) e l'insorgenza di autismo è stata sicuramente tra le tematiche più diffuse tra i movimenti antivaccinisti negli ultimi anni, contribuendo in maniera significativa a diffondere timori nei confronti dei vaccini. In Inghilterra l'ex-medico (ora radiato dall'Ordine dei Medici) Wakefield, successivamente sconfessato per i gravi errori metodologici con cui aveva condotto le proprie "ricerche", ha suggerito che potessero esserci dei legami tra il vaccino MPR e l'autismo [22], un disordine comportamentale cronico che comincia a manifestarsi durante la prima infanzia. Molti studi, invece, che hanno usato metodi diversi e scientificamente validi, hanno definitivamente concluso che non ci sono evidenze di una relazione tra vaccino MPR e autismo [23, 24, 25, 26, 27, 28]. La causa di questa patologia non è ancora completamente conosciuta, ma si pensa che l'autismo abbia delle basi genetiche e i primi sintomi si manifestano tra i 12 e i 18 mesi di vita, cioè nello stesso periodo in cui viene somministrato il vaccino MPR [29, 30]. Pertanto è comprensibile che questa coincidenza abbia indotto alcuni genitori di bambini autistici e alcuni ricercatori a pensare che la vaccinazione potesse essere la causa della malattia. Da sottolineare che l'onda emotiva evocata da Wakefield ha impattato negativamente e per molti anni sulla vaccinazione MPR in UK, determinando un calo significativo delle coperture vaccinali, un incremento consistente dell'incidenza di queste patologie infettive e delle complicanze ad esse correlate e che solo dopo molti anni si è riusciti ad invertire la tendenza e a far accettare nuovamente la vaccinazione per morbillo, rosolia e parotite. Altri studi hanno associato lo sviluppo del diabete di tipo I con il vaccino contro l'*Haemophilus influenzae* di tipo b (Hib) [31, 32], ma non esiste alcuna evidenza scientifica a sostegno di tale associazione. Studi

a carattere epidemiologico hanno confrontato il tasso di diabete nei bambini vaccinati con il tasso dei bambini non vaccinati che erano nati prima che il vaccino fosse disponibile. Non è stata trovata nessuna relazione tra vaccino e sviluppo di diabete [33, 34, 35]. In anni recenti alcuni neurologi francesi hanno riferito di aver diagnosticato l'insorgenza di sclerosi multipla in seguito alla vaccinazione anti-epatite B. Tuttavia i risultati di questi studi [36, 37] sono stati criticati per il non corretto approccio statistico e, soprattutto, non sono stati confermati da successive valutazioni: infatti, studi condotti in altri Paesi hanno dimostrato che la distribuzione dei casi diagnosticati di sclerosi multipla per età e sesso nei soggetti vaccinati presenta un andamento analogo a quello riscontrato nella popolazione non vaccinata [38, 39, 40].

A partire dagli anni '90 l'attenzione di alcuni studiosi si è rivolta alla potenziale tossicità per il sistema nervoso dei composti del mercurio; in particolare è stata esaminata l'azione del tiomersale (thimerosal), un conservante a base di etilmercurio, cui era stata imputata tossicità neurologica, compresi autismo e disturbi della personalità [41, 42]. Tutti i dati scientifici ad oggi disponibili dimostrano che questo composto organico contenente mercurio non si accumula nell'organismo e non provoca danni al sistema nervoso del bambino [43, 44, 45]. Tuttavia il tiomersale è stato eliminato dalle preparazioni vaccinali a scopo precauzionale, anche se l'OMS ha concluso recentemente (2012) [46] che non è necessario condurre ulteriori studi sull'argomento e che le evidenze disponibili sono sufficienti a supportare la sicurezza del tiomersale utilizzato oggi solo in alcuni vaccini multi-dose. In Italia per l'immunizzazione estensiva di routine vengono utilizzati vaccini privi di tiomersale.

Un'altra accusa mossa nei confronti dei vaccini è che questi possano danneggiare e indebolire il sistema immunitario. Questa affermazione si basa sulla tesi secondo cui le malattie infettive in modo naturale aiutano il sistema immunitario a maturare prevenendo allergie e altre malattie. In realtà i vaccini agiscono proprio utilizzando i meccanismi di difesa che la natura ci rende disponibili. L'immunità acquisita tramite vaccinazione conferisce protezione nei confronti della malattia in modo simile all'immunità acquisita

dopo infezione naturale con la differenza che la vaccinazione evita l'insorgenza della malattia ed il rischio di gravi conseguenze.

LE CONSEGUENZE DELLA "NON VACCINAZIONE"

Ma è necessario vaccinare il proprio figlio anche se una malattia non è più presente in una popolazione? Per gli addetti ai lavori la risposta è ovvia, ma non sempre lo è altrettanto per un genitore cui giungono informazioni non univoche e talvolta incomplete. Diverse patologie, oggi debellate, non tornano a colpire (nonostante la globalizzazione) soltanto perché la copertura vaccinale nella popolazione è ancora molto alta; nel caso in cui il numero di soggetti immuni si riducesse drasticamente sarebbe possibile un aumento della loro incidenza. Per esempio in Olanda nel 1992 si verificarono 72 casi di poliomelite in una comunità religiosa che rifiutava la vaccinazione; al di fuori di questa comunità ci fu, invece, un solo caso di poliomelite grazie alla copertura vaccinale di quasi il 100% della popolazione [47]. Qualche anno più tardi, nel 1996, la poliomelite colpì 138 persone in Albania [48]. È utile ricordare che proprio allora si verificò un importante flusso migratorio verso l'Italia, privo di ripercussioni per l'elevata copertura vaccinale presente nel nostro Paese.



Figura 3: *Bimba affetta da poliomelite.*

Nell'Ex URSS prima del 1989 la copertura vaccinale era molto elevata e si verificavano solo casi sporadici di difterite; dopo la caduta del muro di Berlino, si ridusse notevolmente la copertura vaccinale e questo determinò un'epidemia di difterite che causò migliaia di decessi [49]. Alla fine degli anni '90 all'interno di una comunità di obiettori olandesi si verificò un'epidemia di morbillo che ebbe come conseguenza migliaia di casi e anche alcune morti [50]. Questi sono solo alcuni esempi delle conseguenze e dei rischi che si corrono se si concretizza nell'opinione pubblica l'idea che la vaccinazione sia una pratica non più utile o addirittura dannosa.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Bisogna essere consapevoli che i vaccini sono un'arma preventiva eccezionale nei confronti di molte malattie infettive. Nessun vaccino, come nessun farmaco, è completamente efficace e assolutamente privo di effetti collaterali e per questa ragione sono codificate precauzioni e controindicazioni al loro uso, al fine di garantirne l'utilizzo più corretto e sicuro. Come dimostra "l'emergenza meningite", peraltro inesistente nel nostro Paese, nei confronti dei vaccini, la società ed il mondo della comunicazione (e talvolta anche "gli addetti ai lavori", cioè alcuni operatori sanitari) manifestano spesso un atteggiamento schizofrenico. Quando emergono nuove o vecchie malattie infettive (SARS, influenza aviaria, meningite, ecc) il vaccino viene visto come l'unica possibile salvezza da un'epidemia o da gravi danni e tutti vogliono vaccinarsi senza riflettere e verificare se l'emergenza è reale e su quali gruppi di popolazione è eventualmente utile immunizzare. Al di fuori delle emergenze infettive, vere o presunte che siano, è sufficiente una segnalazione di possibile associazione tra vaccino e qualche evento avverso serio per fare subito definire i vaccini come prodotti pericolosi e utilizzati per occulti interessi (economici, ecc). Bisogna essere consapevoli che tutti noi, popolazione laica e operatori sanitari, abbiamo le nostre convinzioni, abitudini, pregiudizi, timori, informazioni, percorso formativo e vissuto personale che derivano da fattori culturali, socio-ambientali e atteggiamenti delle persone con cui ci confrontiamo. Dal punto di vista operativo è

pertanto fondamentale che ognuno di noi abbia a disposizione informazioni sui vaccini scientificamente solide e corrette, che si crei e si rafforzi un clima di collaborazione e fiducia tra chi fornisce le informazioni (operatori sanitari) e chi richiede chiarimenti sulle immunizzazioni e che la formazione del personale sanitario (sia tecnico-scientifica che comunicazionale) sia continua e rafforzata. È pertanto auspicabile che ognuno di noi sia informato ed aiutato ad operare una scelta libera e consapevole in ambito vaccinale, che venga rafforzata l'integrazione tra le diverse professionalità sanitarie che hanno contatti con la popolazione in tema di vaccinazione e che le informazioni scientifiche più aggiornate su questa tematica siano disponibili e vengano diffuse in un modo condiviso ed uniforme.



- [1] Privitera G., Saracco A. Uomini e batteri, Edizioni Schering-Plough, 1992.
- [2] Spier R.E. Perception of risk of vaccine adverse events: a historical perspective. *Vaccine* 2001;20 Suppl 1:S78-84.
- [3] Poland G.A., Jacobson R.M. The age-old struggle against the anti-vaccinationists. *N Engl J Med* 2011;364:97-9.
- [4] Ara G. e Giovanetti F. Vaccinazioni: le risposte alle domande più frequenti dei genitori, 2012.
- [5] Clift K., Rizzolo D. Vaccine myths and misconceptions. *JAAPA*. 2014;27(8):21-5.
- [6] Federman R.S. Understanding vaccines: a public imperative. *Yale J Biol Med*. 2014;87(4):417-22.
- [7] Dubé E, Vivion M, MacDonald NE. Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the anti-vaccine movement: influence, impact and implications. *Expert Rev Vaccines*. 2015;14(1):99-117.
- [8] Wolfe R.M., Sharp L.K. et al. Content and design attributes of antivaccination web site. *JAMA* 2002;287:3245-8.
- [9] Silberg W.M., Lundberg G.D., Musacchio R.A. Assessing, controlling and assuring the quality of medical information on the internet. *JAMA* 1997;277:1244-5.
- [10] Davies P, Chapman S., Leask J. Antivaccination activists on the world wide web. *Arch Dis Child* 2002;87:22-5.
- [11] Ward J.K., Peretti-Watel P., Verger P. Vaccine criticism on the Internet: Propositions for future research. *Hum Vaccin Immunother*. 2016;12(7):1924-9.
- [12] Camargo K. Jr, Grant R. Public health, science, and policy debate: being right is not enough. *Am J Public Health*. 2015;105(2):232-5.
- [13] Poland G.A., Jacobson R.M. Understanding those who do not understand: a brief review of the anti-vaccine movement. *Vaccine* 2001;19:2440-5.
- [14] Ward J.K. Rethinking the antivaccine movement concept: a case study of public criticism of the swine flu vaccine's safety in France. *Soc Sci Med* 2016;159:48-57.
- [15] Di Pasquale A., Bonanni P., Garçon N., Stanberry L.R., El-Hodhod M., Tavares Da Silva F. Vaccine safety evaluation: Practical aspects in assessing benefits and risks. *Vaccine*. 2016;34(52):6672-6680.
- [16] Preiss S., Garçon N., Cunningham A.L., Strugnell R., Friedland L.R. Vaccine provision: Delivering sustained & widespread use. *Vaccine*. 2016;34(52):6665-6671.
- [17] Gerber J.S., Offit P.A. Vaccines and autism: a tale of shifting hypotheses. *Clin Infect Dis*. 2009;48(4):456-61.
- [18] Goloś A., Lutyńska A. Thiomersal-containing vaccines - a review of the current state of knowledge. *Przegl Epidemiol*. 2015;69(1):59-64,157-61.
- [19] Black S.B., Lewis E., Shinefield H.R., Fireman B., Ray P., De Stefano F., Chen R. Lack of association between receipt of conjugate haemophilus influenzae type B vaccine (HbOC) in infancy and risk of type 1 (juvenile onset) diabetes: long term follow-up of the HbOC efficacy trial cohort. *Pediatr Infect Dis J*. 2002;21(6):568-9.
- [20] Menge T. Vaccinations do not cause multiple sclerosis. *MMW Fortschr Med*. 2015;157(17):45.
- [21] Larson H.J., Cooper L.Z., Eskola J., Katz S.L., Ratzan S. Addressing the vaccine confidence gap. *Lancet*. 2011;378:526-35.
- [22] Wakefield A.J. et al. Ileal-lymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children. *Lancet* 1998;351:637-41.
- [23] Taylor B. et al. Autism and measles, mumps, and rubella vaccine: no epidemiological evidence for a causal association. *Lancet* 1999;353:2026-9.
- [24] Dales L. et al. Time trends in autism and in MMR immunization coverage in California. *JAMA* 2001;285:1183-5.
- [25] Kaye J.A. et al. Mumps, measles, and rubella vaccine and the incidence of autism recorded by general practitioners: a time trend analysis. *BMJ* 2001;322:460-3.
- [26] Taylor B. et al. Measles, mumps, and rubella vaccination and bowel problems or developmental regression in children with autism: population study. *BMJ* 2002;324:393-6.
- [27] Bailey A. et al. Autism as a strongly genetic disorder: evidence from a British twin study. *Psychol Med* 1995;25:63-77.
- [28] Wallis C. Debunked. A pivotal paper linking vaccines and autism is retracted. Will the antivaccine movement go no? *Time* 2010;175(6):18.
- [29] Mars A.E. et al. Symptoms of pervasive developmental disorders as observed in prediagnostic home videos of infants and toddlers. *J Pediatr* 1998;132:500-4.
- [30] Rodier P. et al. Embryological origin for autism: developmental anomalies of the cranial nerve motor nuclei. *J Comp Neurol* 1996;370:247-61.

- [31] Blom L. et al. The Swedish childhood diabetes study: vaccinations and infections as risk determinants for diabetes in childhood. *Diabetologia* 1991;34:176-81.
- [32] Classen D.C. et al. The timing of pediatric immunization and the risk of insulin-dependent diabetes mellitus. *Infect Dis Clin Prat* 1997;6:449-54.
- [33] Karvonen M. et al. Association between type I diabetes and Haemophilus Influenzae type b vaccination: Birth cohort study. *BMJ* 1999;318:1169-72.
- [34] Graves P., Barriga K.J., Norris J.M. et al. Lack of association between early childhood immunizations and beta-cell autoimmunity. *Diabetes Care* 1999;10:1694-7.
- [35] Jefferson T., Demicheli V. No evidence that vaccines cause insulin dependent diabetes mellitus. *J Epidemiol Community Health* 1998;52:674-5.
- [36] Shaw F.E. et al. Post-marketing surveillance for neurologic adverse events reported after hepatitis B vaccination. Experience of the first three years. *Am J Epidemiol* 1998;127:337-52.
- [37] Herroelen L. et al. Central nervous system demyelination after immunization with recombinant hepatitis B vaccine. *Lancet* 1991;338:1174-5.
- [38] OMS. Conclusion from the technical consultation on safety of hepatitis B vaccines. Geneve 28-30/09/1998 - 15th Meeting of European Advisory Group of EPI.
- [39] EPI. Lack of evidence that hepatitis B vaccine causes multiple sclerosis. *Weekly Epidemiological Record* 1997;72:149-56.
- [40] Ascherio A. et al. Hepatitis B vaccination and the risk of multiple sclerosis. *New England J Medicine* 2001;344:327-32.
- [41] Geier and Geier. An assessment of the impact of thiomerosal on childhood neurodevelopmental disorders. *Periatr Rehabil* 2003;6:97-102.
- [42] Geier and Geier. A comparative evaluation of the effects of MMR immunization and mercury doses from thiomerosal-containing childhood vaccines on the population prevalence of autism. *Med Sci Monit* 2004;10:P133-9.
- [43] Stehr-Green P. et al. Autism and thiomerosal-containing vaccines: lack of consistent evidence for an association. *Am J Prev Medicine* 2003;25:101-6.
- [44] Madsen K.M. et al. Thimerosal and the occurrence of autism: negative ecological evidence from Danish population-based data. *Pediatrics* 2003;112:604-6.
- [45] Institute of Medicine. Immunization safety review: vaccines and autism. Washington, DC: National Academies Press, 2004.
- [46] Global Advisory Committee on Vaccine Safety, June 2012. *Wkly Epidemiol Rec* 2012 Jul 27; 87(30): 281-7
- [47] Oostvogel P.M., Van Mwinjgaarden J.K., Van Der Avoort H.G.A.M. et al. Poliomyelitis outbreak in an unvaccinated community in the Netherlands, 1992-93. *Lancet* 1994;334:665-70.
- [48] Prevots D.R., Ciofi degli Atti M.L., Sallabanda A. et al. Outbreak of paralytic poliomyelitis in Albania, 1996: high attack rate among adults and apparent interruption of transmission following nationwide mass vaccination. *Clin Infect Dis* 1998;26:19-25.
- [49] Dittmann S. Resurgence of communicable diseases in Europe. *World Health - The magazine of the World Health Organization*. 1997 (1) January February: 24-25.
- [50] MMWR. Measles Outbreak - Netherlands, April 1999 January 2000. April 14, 2000 / 49(14);299-303.

Antonella De Donno: Professore associato di Igiene e Medicina Preventiva (MED42) presso l'Università del Salento. Ha conseguito la laurea in Scienze Biologiche e la Specializzazione in Microbiologia Medica e Virologia. Coordina un gruppo di ricerca che opera presso il laboratorio di Igiene del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali dell'Università del Salento. Le linee di ricerca sviluppate sono riconducibili alle seguenti aree tematiche: epidemiologia e prevenzione delle malattie infettive prevenibili con vaccinazione; sviluppo e standardizzazione di procedure molecolari da applicare al controllo delle matrici ambientali (acque e alimenti); applicazione di studi epidemiologici analitici e sperimentali di interazione ambiente-salute umana; studio di biomarcatori di effetto biologico precoce (micronuclei) e stima del rischio sanitario. È referente per l'Università del Salento della Rete di Prevenzione Oncologica Leccese (attualmente Centro Salute Ambiente Lecce), referente per il settore SSD MED 42 del DREAM (Laboratorio Diffuso di Ricerca interdisciplinare Applicata alla Medicina) e del Centro Interuniversitario per la Ricerca sull'Influenza e le altre Infezioni Trasmissibili (C.I.R.I.-I.T.) Autore di più di 140 articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali, ha partecipato e coordinato progetti di ricerca in ambito locale, nazionale e internazionale e gestito trials clinici relativi alla valutazione dell'efficacia e reattogenicità di vaccini.

Alessandra Panico: Ha conseguito la laurea in Biologia presso l'Università del Salento e attualmente svolge il suo dottorato di ricerca presso il laboratorio di Igiene del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali (DiSTeBA) dell'Università del Salento. Nel corso della carriera universitaria ha sviluppato competenze nell'ambito dell'epidemiologia molecolare e del-

la rilevazione di biomarcatori di effetto biologico precoce.

Giovanni Gabutti: Professore ordinario per il settore scientifico-disciplinare MED42 presso l'Università di Ferrara. Ha conseguito la laurea in Medicina e Chirurgia e successivamente la Specializzazione in Igiene e Medicina Preventiva presso l'Università degli studi di Genova. È coordinatore della Scuola di Specializzazione in Igiene e Medicina Preventiva e vice direttore del Dipartimento di Scienze Mediche dell'Università di Ferrara. La sua attività di ricerca riguarda studi sulla microbiologia applicata all'igiene ed all'igiene ambientale, sull'epidemiologia e la Sanità Pubblica; studi sieroepidemiologici, con messa a punto e confronto di metodiche immunoenzimatiche e radioimmunologiche delle epatiti virali, delle infezioni in gravidanza, delle malattie a trasmissione sessuale e della sindrome da immunodeficienza acquisita, della sorveglianza epidemiologica di malattie infettive prevenibili mediante vaccinazione, della valutazione della immunogenicità e reattogenicità di nuovi vaccini e di aspetti di farmaco-economia, del monitoraggio e valutazione dello stato di qualità microbiologica di acque marine costiere, della valutazione della qualità di acque superficiali e profonde.

Pregiudizi a-scientifici e spesa farmaceutica

Scopo della scienza non è tanto quello di aprire la porta all'infinito sapere, quanto quello di porre una barriera all'infinita ignoranza

— Bertold Brecht, *Vita di Galileo* (1938/39)

Chiara Gerardi e Silvio Garattini

IRCCS- Istituto di Ricerche Farmacologiche 'Mario Negri', Milano

La ricchezza del nostro sistema sanitario, basato sul principio universalistico della garanzia dell'accesso alle cure per tutti senza alcuna discriminazione, è ormai messa a dura prova da scelte e comportamenti lontani dalla ragione scientifica. Questi minano la credibilità scientifica del sistema e contribuiscono a gonfiare la spesa, minacciandone la sostenibilità. A differenza di quanto si possa immaginare, non sono soltanto i cittadini e i non addetti ai lavori ad alimentare pratiche a-scientifiche, ma spesso sono proprio le figure del mondo sanitario che mettono in discussione la medicina basata su prove di efficacia e apparentemente ignorano i risultati di sperimentazioni scientifiche riproducibili (medicina basata sulle evidenze). Alcuni esempi emblematici di questa situazione sono: lo scarso utilizzo dei farmaci equivalenti, il rimborso da parte del sistema sanitario nazionale di cure omeopatiche e medicine alternative, le approvazioni di farmaci copie e me-too; l'uso di trattamenti che

non hanno un valore aggiunto rispetto a quelli già presenti sul mercato per la stessa patologia; la mancata appropriatezza prescrittiva e lo scarso investimento in termini di ricerca scientifica.

Lo scarso utilizzo dei farmaci equivalenti.

Per medicinale equivalente o dal nome generico o 'generico', si intende un farmaco che contiene lo stesso principio attivo e in uguale quantità di un medicinale di riferimento, meglio noto come medicinale "di marca", "griffato" o "brand", il cui brevetto è scaduto. I farmaci dal nome generico sono bioequivalenti al farmaco di riferimento, caratteristica che ciascun equivalente deve soddisfare per ottenere l'immissione in commercio. Essendo infatti farmaci la cui efficacia è già ampiamente stabilita, non sono necessari nuovi studi clinici di efficacia, invece obbligatori per lo sviluppo e lo studio di un "nuovo" farmaco, ma basta dimostrare attraverso studi di bioequivalenza, che i livelli circolanti di principio attivo e la farmacocinetica dell'equivalente siano com-

parabili a quelli e del farmaco di riferimento [1]. Due farmaci sono da considerarsi bioequivalenti quando, con la stessa dose, i loro profili di concentrazione nel sangue rispetto al tempo sono così simili che è altamente improbabile che essi possano produrre differenti effetti di efficacia e sicurezza [1].

Un medicinale equivalente è pertanto una copia di un medicinale già autorizzato il cui periodo di copertura brevettuale previsto dalla normativa si è concluso. Tale periodo di tempo, che dura in genere 10 anni garantisce al titolare dell'autorizzazione all'immissione in commercio del medicinale di riferimento il diritto di proprietà intellettuale sui dati di sicurezza e di efficacia del medicinale, al fine di rientrare dai costi sostenuti per gli studi di ricerca e sviluppo, necessari per la messa a punto del medicinale innovativo [2].

In Inghilterra il consumo di farmaci equivalenti ha raggiunto l'84% del totale della spesa. In pratica, quasi tutto il mercato dei farmaci che hanno perduto il brevetto è occupato dai generici. In Italia tale proporzione è soltanto al 26%, con marcate differenze su base geografica e regionale da quote minime del 19% a quote massime del 36% [3].

I medicinali equivalenti dovrebbero avere un prezzo inferiore almeno del 20% rispetto ai medicinali di riferimento, in virtù della perdita della copertura brevettuale del principio attivo di cui sono composti. Una volta scaduto il brevetto, la legge consente, a chiunque sia in possesso dei mezzi tecnologici e delle strutture idonee, di riprodurre, fabbricare e vendere, previa autorizzazione dell'AIFA, un medicinale la cui efficacia e sicurezza sono ormai consolidate e ben note.

In linea di principio chi richiede l'autorizzazione per un medicinale equivalente potrebbe praticare prezzi molto competitivi, perché non deve investire risorse nella ricerca e nello sviluppo del farmaco e quindi non deve condurre studi pre-clinici e studi clinici per dimostrarne l'efficacia e la sicurezza nell'uomo (già condotti dall'azienda proprietaria del brevetto al momento della prima richiesta di autorizzazione). Sebbene non sia del tutto trasparente come si stabiliscano i prezzi dei farmaci, una quota è apparentemente legata alla copertura dei costi per ricerca e sviluppo e quindi dall'investimento fatto negli otto-dieci anni di sviluppo del farmaco (fatto, peraltro, messo più

volte in discussione). Quindi, il prezzo del farmaco generico può risultare ancora molto più alto rispetto al costo di produzione, nonostante venga applicato un ribasso del 20%, o più, rispetto al prezzo del farmaco originale.

Vi è in Italia un largo pregiudizio anche da parte dei professionisti della salute, oltre che dei pazienti, verso l'utilizzo dei farmaci generici. Ciò impedisce la diffusione della cultura dell'utilizzo del farmaco equivalente.

Il paziente infatti non è spinto a utilizzare il generico, perché il suo medico di riferimento o il farmacista è in alcuni casi scettico in maniera palese e ciò comporta che anche il paziente (confidando nelle conoscenze scientifiche dei propri riferimenti) finisce col credere che i generici abbiano un profilo di efficacia differente rispetto ai farmaci di marca. Tale pregiudizio non è basato su evidenze scientifiche (dati di studi clinici pubblicati e condotti secondo il metodo scientifico) ma si basa su pareri e impressioni personali. [3]. Lo scarso utilizzo di questi medicinali forse deriva anche dalla definizione che essi hanno. Infatti dovrebbero essere denominati come farmaci 'dal nome generico'. Indicarli come 'generici' li svuota del loro valore intrinseco basato su un profilo di efficacia e sicurezza sovrapponibile a quello del prodotto branded.

Ciò contribuisce a un aumento costante della spesa sanitaria. Infatti se i farmaci generici non vengono utilizzati, non vi è concorrenza né quindi riduzione dei prezzi dei farmaci di riferimento.

I farmaci copia e me too

Un altro esempio di comportamenti scientificamente poco fondati che fanno aumentare la spesa sanitaria è quello dei farmaci copia o me-too. In questo caso ci si riferisce ad un medicinale che è strutturalmente molto simile ad un altro già sul mercato [4]. Sebbene la denominazione conferisca al farmaco una connotazione negativa, tali prodotti in genere dovrebbero innescare un circolo virtuoso, promuovendo la competizione tra i principi attivi di una data classe farmacologica. Spesso, tuttavia ad un aumentato consumo del farmaco me-too non corrisponde una reale competizione anche in termini di prezzo del farmaco e, quindi, un vantaggio per la sanità pubblica.

Partendo dal presupposto che i farmaci copia e me-too non apportano vantaggi, se non minimi, il loro arrivo sul mercato potrebbe disorientare il medico stesso nella scelta della terapia più adatta per il paziente, considerando anche il fatto che mancano spesso studi comparativi tra i farmaci in questione. L'introduzione di farmaci me-too potrebbe contribuire ad abbassare la spesa sanitaria e a mantenere la sostenibilità del nostro sistema; ma spesso avviene il contrario. Essi vengono immessi sul mercato con un prezzo alto e spesso vengono presentati come innovazioni farmaceutiche, ma in realtà si tratta di molecole poco differenti rispetto a quelle già in vendita da anni e per le quali a volte il brevetto è in scadenza. Queste terapie hanno di frequente un profilo rischio beneficio assimilabile, nel migliore dei casi, al farmaco in commercio. Un esempio è quello di due farmaci che hanno un beneficio sovrapponibile in termini di efficacia come rosuvastatina e atorvastatina, ma con prezzi molto differenti. Il prezzo di atorvastatina 10 mg per una scatola da 30 compresse si attesta intorno a 4,35 euro, mentre rosuvastatina 10 mg da 28 compresse rivestite con film sui 27,35 euro. Questo corrisponde ad un dato della spesa lorda del 2014 di 186 milioni di euro per atorvastatina e di 287 milioni di euro per rosuvastatina [5, 6]. Se tutte le prescrizioni di rosuvastatina fossero trascritte per atorvastatina si otterrebbe un ampio risparmio.

Un altro caso degno di nota è quello dei sartani per i quali sono stati approvati molti farmaci simili tra loro con la conseguente presenza sul mercato farmaceutico di un ennesimo farmaco anti-ipertensivo della classe degli antagonisti del recettore della angiotensina II. Questi farmaci sono immessi in commercio pur non avendo un valore aggiunto rispetto a molecole simili approvate con la stessa indicazione ma con un prezzo uguale o superiore. Un esempio è quello di olmesartan e valsartan [5, 6]. Dai dati disponibili della spesa lorda del 2014 si evince che questa è stata pari a 137 milioni euro per olmesartan (olmetec) e di 56 milioni per valsartan (generico). Lo stesso ragionamento vale anche qui in termini di risparmio che si otterrebbe se tutte le prescrizioni di valsartan sostituissero quelle di olmesartan [5, 6].

Ricerca, Pregiudizi a-scientifici e spesa farmaceutica

Uno dei modi per arginare il moltiplicarsi di pregiudizi a-scientifici e contribuire alla sostenibilità della spesa farmaceutica è fare ricerca, in particolare modo ricerca indipendente, perché slegata da interessi di profitto. Gli obiettivi della ricerca indipendente sono molteplici. Tra questi vi sono: a) studiare i benefici per i cittadini/pazienti di nuovi trattamenti e terapie e verificarne il valore aggiunto rispetto alle opzioni disponibili sul mercato, b) rispondere ad esigenze assistenziali del servizio sanitario nazionale, c) formare i professionisti sanitari, d) confrontare tra loro farmaci sul mercato per la stessa indicazione terapeutica (confronti diretti testa a testa), e) studiare di interventi non farmacologici e complessi, f) ottimizzare i percorsi di cura e valutare l'efficacia degli interventi in condizioni più vicine alla pratica clinica [5]. Tale ricerca è finalizzata al miglioramento della pratica clinica come parte integrante dell'assistenza sanitaria e dovrebbe aiutare a migliorare l'utilizzo di farmaci, terapie e interventi portando, a supporto di ciò che viene prescritto, prove di efficacia basate sull'evidenza [7].

Se ben utilizzata e indirizzata, la ricerca indipendente è la migliore *spending review* che abbiamo a disposizione. Gli studi di efficacia comparativa potrebbero contribuire a rivedere il prontuario farmaceutico e a riconsiderare il rimborso di farmaci che a parità di efficacia hanno prezzi molto differenti o per i quali non ci sono sufficienti evidenze che giustifichino il loro acquisto da parte del servizio sanitario nazionale.

La ricerca indipendente è l'unica che può contribuire a dare ai pazienti le cure più appropriate e allo stesso tempo a tagliare pratiche a-scientifiche che trovano proseliti mediante i mass-media e che a volte vengono addirittura rimborsate dal servizio sanitario nazionale. Ad oggi vi è in Italia la necessità di un piano pubblico di investimenti strutturati, finalizzati alla realizzazione di programmi di ricerca con obiettivi conoscitivi strategici per il servizio sanitario.

Sarebbe utile inoltre monitorare il ritorno di tali investimenti sia in termini scientifici e culturali che di revisione della spesa. I finanziamenti pubblici italiani a favore della ricerca clinica hanno

provenienza molteplice (es. bandi ricerca finalizzata del Ministero della Salute, bandi AIFA, PRIN, bandi regionali) e sono a volte rivolti a fruitori specifici (destinatari istituzionali, Università, strutture operanti in una specifica Regione), escludendo altri potenziali promotori no profit di ricerca presenti sul territorio nazionale. L'entità di questi finanziamenti è inoltre spesso incerta e comunque complessivamente limitata. Sarebbe utile garantire la presenza costante di tali investimenti al fine di rendere l'Italia un Paese attraente per chi fa ricerca e offrire ai ricercatori la possibilità di investire in progetti con un orizzonte temporale più lungo rispetto a quello attuale.

Cure definite 'complementari', omeopatia e spesa farmaceutica

Degna di attenzione è la situazione dell'utilizzo e della diffusione delle cure omeopatiche e di quelle definite 'complementari'. Di recente è rimbalzato agli onori della cronaca il caso di una ASL toscana in merito alla presenza di un 'ambulatorio di omeopatia, ginecologia e oncologia'. L'ambulatorio denominato di 'medicine complementari e alimentazioni in oncologia', sembra non ricadere sotto l'ombrello dei servizi rimborsati dal SSN (ambulatori LEA), ma ha trovato ampio spazio in un ospedale pubblico ed è sostenuto da una delibera regionale del 2015 con lo scopo di integrare le terapie standard per l'assistenza di supporto ai pazienti oncologici [8].

Il supporto ai pazienti oncologici è così importante che, come gli altri interventi sanitari, dovrebbe basarsi su evidenze scientifiche. Pertanto risulta dissonante il riconoscimento che è stato dato a tale ambulatorio integrandolo in un percorso di cura di sanità pubblica.

Un altro esempio è quello che emerge dall'articolo del 2015 dal titolo 'Ha ancora senso discutere sull'uso dei farmaci in età pediatrica?'. [8]. Qui viene presentato un problema simile, che riguarda la prescrizione e l'utilizzo di rimedi omeopatici. Da un'indagine conoscitiva svolta dalla Federazione Italiana Medici Pediatri (FIMP) risulta che un terzo dei pediatri prescrive abitualmente anche prodotti omeopatici [9]. Questo dato, ripreso anche dai canali di comunicazione, fa riferimento al campione che ha risposto al

questionario (1252 su 5400), che potrebbe quindi non essere rappresentativo del insieme generale dei pediatri. Pur tenendo conto di questo limite e con le dovute precauzioni nella lettura del dato, il fatto che la prescrizione di rimedi omeopatici sia una pratica ampiamente diffusa tra i clinici desta stupore. L'impressione che risulta da questa indagine, è quella di una prescrizione spesso non aderente alle evidenze scientifiche, si tratti di farmaci tradizionali o di terapie cosiddette "complementari" [9].

Il problema che emerge da questi ed altri casi esemplari è che pratiche come l'omeopatia e altre definite 'complementari', che fino ad oggi non sono basate su prove di efficacia, trovano ampio spazio in ambulatori e vengono consigliate, prescritte o rimborsate da parte del Servizio Sanitario Nazionale.

Fare di più non significa fare meglio: come migliorare la gestione della spesa

Negli ultimi anni è stato evidenziato che alcuni trattamenti ed esami diagnostici, largamente prescritti e consigliati, rischiano di essere dannosi e non apportano benefici per i pazienti.

Tale situazione riguarda esami e trattamenti non supportati da evidenze scientifiche di efficacia ma continuano ad essere prescritti per molteplici motivi tra cui vi sono: la tutela da procedimenti medico-legali, l'abitudine del medico, la soddisfazione delle richieste dei pazienti, gli interessi economici, perché nelle organizzazioni sanitarie viene premiata la quantità delle prestazioni più della loro qualità e appropriatezza, l'assoluta disponibilità e condiscendenza, etc.. [10]. Tali esami e trattamenti in alcuni casi rappresentano uno spreco di risorse che potrebbero essere investite in ricerca e assistenza.

Nel 2012 in USA è stato presentato il progetto 'Choosing wisely' che ha come scopo quello di favorire il dialogo tra medici e pazienti con il fine di farli confrontare in merito ai benefici e ai rischi dei trattamenti proposti e aiutarli a decidere. Tutto ciò tenendo in considerazione che fare più interventi terapeutici o esami diagnostici spesso non vuol dire percorrere la strada migliore. Soltanto 70 società scientifiche hanno aderito a ta-

le progetto, impegnandosi a identificare cinque procedure di uso comune, che vengono utilizzate in modo inappropriato e che espongono i pazienti a possibili effetti dannosi [10]

Allo stesso modo, a seguito dell'iniziativa americana, l'associazione italiana 'Slow medicine' ha lanciato a Dicembre 2012 il progetto "fare di più non significa fare meglio", con lo scopo di favorire il dialogo dei medici e degli altri professionisti della salute con i pazienti e i cittadini su esami diagnostici, trattamenti e procedure a rischio di inappropriata. Lo scopo è sempre quello di arrivare a fare scelte informate e condivise. Il progetto italiano si basa sulla partecipazione dei pazienti e dei cittadini delle scelte di cura ad una valutazione più accurata e responsabile da parte dei medici e degli altri professionisti sanitari. Tale programma di condivisione viene attuato attraverso lo studio delle raccomandazioni di società scientifiche e associazioni professionali italiane su esami diagnostici, trattamenti e procedure che potrebbero esporre i pazienti a rischi senza offrirne alcun beneficio. Fanno parte del progetto: il miglioramento del dialogo tra medico con pazienti e cittadini, una diffusa informazione e formazione dei medici, e degli altri professionisti sanitari, e la stesura di materiale informativo per cittadini e pazienti [10].

Da questa rassegna generale su pregiudizi a-scientifici e spesa farmaceutica deriva l'importanza della formazione delle giovani generazioni ad avere un approccio critico alla scienza e alle notizie più in generale. Inoltre risulta importante la formazione dei giovani medici e dei professionisti della salute, i quali dovrebbero proporre pratiche mediche basate sulle evidenze scientifiche e le sperimentazioni, che affrontano problemi reali dei pazienti e cercando di dar loro risposte affidabili. Infine è importante la comunicazione e la diffusione della cultura scientifica da parte dei ricercatori ai cittadini, con lo scopo di promuovere la capacità di discernere tra notizie basate su opinioni e non supportate da dati scientifici e pratiche di salute e cura, supportate invece dalla scienza.



[1] AIFA. http://www.aifa.gov.it/sites/default/files/domande_e_risposte_equivalenti.pdf

- [2] AIFA. Equivalenti o generici: quello che i pazienti devono sapere. 2012 http://www.aifa.gov.it/sites/default/files/statement_equivalenti_o_generici_3.pdf
- [3] Silvio Garattini. Farmaci equivalenti: l'Italia è ancora indietro. Oggi, 2015. http://www.marionegri.it/media/sezione_media/Istituto_stampa/oggi_18_novembre_2015.pdf
- [4] AIFA. Cosa accade quando entra in commercio un farmaco me-too? Bollettino d'informazione sui farmaci, N5-6 2005. <http://www.aifa.gov.it/sites/default/files/bif0505228.pdf> Silvio Garattini. Comunicazione orale 2017. Dati non pubblicati.
- [5] <http://www.codifa.it/>. Accesso Febbraio 2017
- [6] Ministero della Salute. Prescrizioni e condizioni di carattere generale, relative all'esecuzione delle sperimentazioni cliniche dei medicinali, con particolare riferimento a quelle ai fini del miglioramento della pratica clinica, quale parte integrante dell'assistenza sanitaria. Decreto Ministeriale 17 Dicembre 2004
- [7] http://firenze.repubblica.it/cronaca/2017/02/09/news/omeopatia_1_istituto_superiore_di_sanita_attacca_la_toscana-157953081/
- [8] Antonio Clavenna. Ha ancora senso discutere sull'uso dei farmaci in età pediatrica? Quaderni acp. 2016 http://www.acp.it/wp-content/uploads/Quaderni-acp-2016_236_284.pdf
- [9] <http://www.choosingwiselyitaly.org/index.php/it/>
- [10] Anna Roberto. Comunicazione Orale. Dati non pubblicati 2017

Chiara Gerardi: laureata in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche nel Luglio 2010 presso l'Università degli Studi di Padova. Abilitata nel Dicembre 2010 all'esercizio della professione di farmacista. Dal Gennaio 2011 inizia il tirocinio nel laboratorio di Ricerca Clinica Dipartimento di Oncologia, presso l'IRCCS-Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri di Milano. Docente per il Master in Ricerca Clinica dell'Università Statale di Milano, docente e tutor in un corso per Monitor Clinico (2014-2015) e dal 2015 di docenza per il corso in Farmacia e Farmacologia Cliniche presso l'Università degli Studi di Padova. Dal 2014 si occupa come ricercatrice dell'infrastruttura europea a supporto di studi clinici multinazionali ECRIN (European Clinical Research Infrastructure Network) svolgendo la propria attività presso l'Istituto Mario Negri che è sede della Segreteria del Scientific Board del Network europeo. Si occupa di ricerca nel settore dei farmaci orfani e delle malattie rare,

di sperimentazioni ed evidenza clinica in chirurgia, health technology assessment. e più in generale di politiche regolatorie e percorsi di approvazione dei farmaci. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche su riviste peer review e divulgative e relatore a convegni nazionali e internazionali.

Silvio Garattini: Dottore in Medicina. Libero Docente in Chemioterapia e Farmacologia. Assistente ed Aiuto presso l'Istituto di Farmacologia dell'Università di Milano fino all'anno 1962. Fondatore nel 1963 e direttore dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri". Autore di molte centinaia di lavori scientifici pubblicati in riviste nazionali ed internazionali e di numerosi volumi nel campo della farmacologia. Fondatore dell'European Organization for Research on Treatment of Cancer.

Negli ultimi decenni è stato membro di vari organismi fra cui: Comitato di Biologia e Medicina del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), Consiglio Sanitario Nazionale e Commissione della Presidenza del Consiglio dei Ministri per la politica della ricerca in Italia, Membro della Commissione Unica del Farmaco (CUF) del Ministero della Salute.

Tra le numerose onorificenze ricevute si segnalano: la Legion d'Onore della Repubblica Francese per meriti scientifici; Premio della Società Italiana di Chimica "Giulio Natta", Grand Ufficiale della Repubblica Italiana e Lauree Honoris Causae alle Università di Bialystok, Polonia e di Barcelona, Spagna.

Numero IX Anno 2017

Viaggio nella Scienza

Ithaca

Scienza e pseudoscienza

