

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla^2 \phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon} \\ \nabla^2 A_x - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_x}{\partial t^2} = -\mu \rho v_x \\ \nabla^2 A_y - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_y}{\partial t^2} = -\mu \rho v_y \\ \nabla^2 A_z - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_z}{\partial t^2} = -\mu \rho v_z \end{array} \right.$$



ROBERTO BATTISTON
MARIA PRODI

LA SCIENZA NEL SECOLO DELLE CATASTROFI ANNUNCIATE

Per avere fiducia nella scienza e nei suoi risultati occorre innanzitutto capire come funziona il progresso scientifico, basato sul lavoro coordinato di centinaia di migliaia di persone impegnate a interrogare la natura applicando metodi rigorosi, razionali e sperimentali, come Galileo Galilei ci ha testimoniato, per primo, nelle sue opere. La scienza è un processo in continuo sviluppo, caratterizzato da progressi cumulativi, ma anche da rivoluzioni che rovesciano presupposti e quadri concettuali. La scienza procede per tentativi ed errori, per approssimazioni successive, per competizione fra soluzioni diverse. Spesso l'avanzamento non è dato da nuove soluzioni, ma da nuovi problemi, dalla sollecitazione di domande prima ignorate, dalla incrinatura di concezioni assodate.

Questo continuo lavoro, le frustrazioni, gli entusiasmi, gli arretramenti, i consolidamenti di ipotesi prima immaginate e poi avvalorate empiricamente, non sono di norma trasmesse al grande pubblico dei non addetti ai lavori. La scienza usualmente si presenta alla società attraverso i suoi risultati, tramite annunci che rappresentano solo il momento finale di un complesso e faticoso processo di scoperta e di validazione da parte della comunità scientifica. E il grande pubblico, nella migliore delle ipotesi, quando non fraintende il senso dei risultati, quando non li travisa in funzione delle sue aspettative e pregiudizi, accoglie le scoperte della scienza come una rivelazione compiuta, come Minerva, nata adulta dalla mente di

Giove. Senza intravedere limiti, contesti, margini di errore e soprattutto senza rintracciare nei risultati la fatica del processo e la ulteriore superabilità degli stessi.

In questa prospettiva la scienza appare magica, stupefacente, oracolare. Privata del suo senso euristico e sperimentale, la ricerca si presenta come avvalorata dalla sola ufficialità e autorità di chi enuncia il risultato. Che la tribuna da cui il risultato viene annunciato sia la notorietà del ricercatore, oppure il prestigio dell'università, quello che rende autorevole il messaggio, per chi deve orientarsi fra le innumerevoli news e comunicarle al pubblico (giornali, media, documentaristi), è l'attendibilità del ricercatore. E l'attendibilità dovrebbe coincidere con il meccanismo delle carriere e dei riconoscimenti accademici, vale a dire la riconoscibilità e ufficialità degli autori all'interno della comunità scientifica.

Mentre lo scienziato, almeno per le ricerche nel suo campo, giudica con cognizione di causa e nel merito la coerenza e correttezza della ricerca altrui, il non scienziato tradizionalmente applica invece un principio di autorità: l'attendibilità degli esiti di una ricerca è accolta in funzione del titolo accademico o della notorietà del ricercatore da cui proviene. Questo limite, intrinseco e difficilmente eliminabile, spiega molte cose, specialmente se analizziamo i casi estremi, apparentemente incomprensibili, di pseudoscienza, traendone delle conseguenze che possono essere utili anche in situazioni meno patologiche. Perfino le tesi più negazio-

*The Totality of
Electromagnetic Phenomena
[Maxwell's Equations],
Andrea Galvani, 2019,
6500K neon, vetro soffiato
bianco, struttura metallica
con base in cemento,
vernice, elettricità
© Andrea Galvani Studio*

La scienza procede per tentativi ed errori, per approssimazioni successive, per competizione fra soluzioni diverse. Spesso l'avanzamento non è dato da nuove soluzioni, ma da nuovi problemi, dalla sollecitazione di domande prima ignorate, dalla incrinatura di concezioni assodate

niste e complottiste trovano i loro campioni in qualche rappresentante più o meno autorevole del sistema della ricerca. Carriere andate storte, ricerca di visibilità, senso di contrarietà, assolutizzazione di aspetti secondari che contravvergono al senso complessivo delle evidenze: sono vari i meccanismi per cui una parte minoritaria della comunità scientifica può prestarsi a incarnare la contro-scienza.

Non è tutto: una ulteriore deriva si produce quando la veicolazione dei contenuti non è neppure più affidata a pochi selezionati comunicatori, o a esperti, che comunque hanno un certo discernimento come bagaglio professionale, ma ci si affida al fai da te. Nel momento in cui salta l'intermediazione di pochi autorevoli canali comunicativi e si apre, grazie a internet, una prateria sconfinata di fornitori di notizie di dubbia provenienza e autenticità, al principio di autorità, o meglio di autorevolezza, si sostituisce un principio di contiguità: le aspettative soggettive, le proprie immaginazioni o idiosincrasie decidono il propendere per teorie, concezioni, nozioni scelte a propria immagine. Lo sforzo di decentramento, di superamento delle proprie prospettive e a volte della propria intuizione, che la scienza spesso richiede, non vale più l'impegno. L'assoluta inverosimiglianza e anti-intuitività di alcune delle pseudo conoscenze che circolano non devono farci pensare a uno sforzo intellettuale di elaborazione. È più difficile immaginare la terra piatta che la teoria della relatività. Ma non sono concezioni che esigano un pensiero: rispondono piuttosto a un criterio di scelta emotiva ed epidemica, di investimento di sentimenti irrazionali, di gusto della contraddizione del senso comune.

La disintegrazione dell'appartenenza, della partecipazione e della fiducia in organizzazioni, partiti, strutture e la trasformazione della società in un insieme di individui *consumatori-navigatori* persi nella rete, rende i bisogni di identificazione pronti a essere investiti in cause e battaglie a forte valenza identitaria, spesso rivolte contro il resto del mondo. In molti casi preferendo credenze complottistiche e paranoiche che aiutino a valorizzare la propria isolatezza, anziché evidenziarla come miserabile. E la deriva intellettuale e cognitiva che ne segue non coincide talvolta neppure con un interesse, né collettivo, né individuale, di queste persone. Il terrapiattista che si rende ridicolo, lo steineriano che conta sul seppellimento del corno di mucca per favorire i suoi raccolti, il no-vax che va incontro alla morte negandosi l'ossigeno, difendono qualcosa di più insondabile di un mero interesse economico o politico. I media sono pieni di storie e testimonianze che mostrano come un certo tipo di fanatismo controcorrente sia totalmente cieco rispetto all'evidenza, anche quando essa gioca pesantemente contro il fanatico. Come si può dire a queste persone che devono "fidarsi"

della scienza, quando il loro problema è esattamente quello che si affidano al primo venuto? Se la scienza è fondata sullo spirito critico e sull'autonomia di giudizio come si può richiedere un'adesione fideistica alla scienza?

Una strategia apologetica della scienza è quella di mostrare la potenza tecnologica e dominatrice dei suoi effetti. Ma è un'arma a doppio taglio perché gli effetti macroscopicamente indesiderati della tecnologia stanno sotto gli occhi di tutti: cambiamenti climatici, armi distruttrici, dominio dell'artificiale sul naturale, manipolazione biologica dell'umano e dell'animale, sono anch'essi risultati dell'applicazione della scienza.

La nostra tendenza a ricordare solo una parte dei fatti è ben nota e si applica anche alla scienza, dove diamo per scontati gli innumerevoli risultati positivi, spesso dimenticandocene, mentre siamo scandalizzati per quelli negativi, su cui concentriamo la nostra attenzione. È per questo motivo che di fronte a situazioni che si evolvono rapidamente e imprevedibilmente, spiazzando a ripetizione conoscenze appena conseguite, come accade con le successive ondate della pandemia Covid-19, la rincorsa degli scienziati ad aggiornare costantemente le proprie idee scandalizza quelli che immaginano lo scienziato come un onnisciente davanti alla sfera di cristallo. «Ma avevano detto che...» è il ritornello sprezzante di chi intende la scienza solo come un conglomerato di concezioni magicamente o dogmaticamente valide a prescindere.

L'educazione scientifica dovrebbe non solo riversare sugli studenti risultati già confezionati e riportati sui libri di testo, ma allenare alla ricerca: dovrebbe far crescere la conoscenza del metodo scientifico da parte degli studenti attraverso la formulazione di ipotesi, la raccolta dei dati, la consapevolezza del margine di errore, l'importanza di sviluppare e mettere in discussione risultati, immergendoli e contaminandoli col farsi stesso della scienza. La maggior parte delle persone dovrebbe essere in grado di dotarsi di una ragionevole alfabetizzazione scientifica, di cui parte essenziale è la capacità di pensiero critico, anche se questo spesso non accade. Purtroppo, una versione semplicistica della scienza porta facilmente a delle aspettative in bianco e nero relativamente alla capacità della ricerca di fare affermazioni categoriche su un dato argomento. Le difficoltà che incontrano gli scienziati nel loro lavoro sono tanto più diffuse tra coloro che scienziati non sono, ma che si cimentano in valutazioni di tipo scientifico: separare i fatti dalle apparenze, dare fiducia a individui o gruppi di ricercatori che hanno una adeguata credibilità, valutare il metodo di analisi dei dati che porta ai risultati, avere una visione di insieme in cui inserire le nostre analisi evitando di concentrarsi solo sul particolare insieme di dati che abbiamo a disposizione.

Il miglioramento dell'abitudine al pensiero critico e una migliore alfabetizzazione della società non si può improvvisare e richiede, oltre a una formazione scolastica capace di introdurre gli studenti al metodo e al modo di pensare degli scienziati, il fondamentale contributo della comunità scientifica e del sistema dei media. In questo contesto il ruolo degli scienziati non può essere sottostimato: in quanto persone in possesso di strumenti straordinari di indagine e di analisi, sono anche responsabili della trasmissione dei loro risultati alla società fornendo con la propria, credibile, testimonianza il valore e l'autorevolezza del loro ruolo e del loro contributo di pensiero e cultura.

Non si tratta solo di fornire una divulgazione rigorosa e nel contempo capace di fascino, ma anche di essere in grado di intercettare le esigenze profonde della società civile che ha bisogno di una scienza che fornisca risposte credibili, quindi rappresentata da individui che la scienza la fanno davvero. Chi meglio degli scienziati può raccontare in modo convincente la scienza e i suoi risultati? Chi può collaborare meglio con i media nella definizione di modalità di comunicazione rispettose del ruolo degli scienziati e allo stesso tempo efficaci e tempestive? Nel secolo dei disastri annunciati, la comunità scientifica non può sottrarsi a una visibilità e un impegno che la obbliga a uscire dai laboratori per affrontare con successo il complesso del rapporto con i media e con la società civile.

Richard Feynman, il leggendario fisico teorico americano, premio Nobel per i suoi fondamentali contributi alla fisica quantistica, era un eccellente insegnante e divulgatore, riuscendo a spiegare argomenti complicati in modo semplice ma rigoroso. Era profondamente convinto che il gergo tecnico o le descrizioni generiche fossero segno di mancanza di comprensione. Feynman conosceva bene la differenza tra capire qualcosa e conoscere solo il nome di qualcosa. Per spiegare cosa volesse dire "capire" una questione introdusse una tecnica generale di apprendimento basata su quattro punti: scegli un concetto che vuoi imparare, qualcosa che ti incuriosisca; spiegalo a un bambino di 12 anni; rifletti, raffina e semplifica; organizza e rivedi.

Sembra semplice, quasi banale, ma se guardiamo con attenzione, ogni passaggio contiene uno o più concetti fondamentali. *Incuriosire, spiegare, capire, riflettere, semplificare, organizzare*. Si tratta di attività strettamente collegate all'intelligenza umana che, se opportunamente combinate, permettono di capire qualsiasi concetto, purché ci si dedichi il tempo necessario. Provare per credere. Questo lavoro iterativo è molto vicino a quello che gli scienziati, collettivamente e individualmente, fanno per progredire nella comprensione della realtà.

Oggi è sostanzialmente impossibile avere abbastanza tempo a disposizione per rag-



L'alfabetizzazione scientifica non deve essere confusa con la ricerca scientifica: è una sorta di dotazione di cittadinanza minimale che permette di navigare nel mare dell'informazione ed evitare le cantonate più grandi

giungere una conoscenza approfondita di un campo che non sia molto ristretto. Non è un caso che la scienza si sia così specializzata nell'ultimo secolo. Ognuno, anche il più geniale scienziato, deve ammettere di essere un principiante o addirittura un ignorante in innumerevoli altri settori scientifici. Ma non per questo si devono rifiutare i risultati che altri specialisti hanno ottenuto nel contesto di uno sforzo collettivo, spesso lunghissimo, che nessun individuo può riprodurre da solo. Per questo motivo è inevitabile fidarsi della scienza, così come ci fidiamo di un meccanico che ripara l'automobile o di un muratore che costruisce una casa, senza pretendere di imparare a fare il mestiere dell'uno o dell'altro.

Ma proprio perché nessuno può essere competente o aggiornato sui tantissimi campi della scienza, aver fatto propria operativamente una esperienza di metodo scientifico evita una concezione magico-miracolistica della ricerca scientifica e induce alla accettazione di un sapere progressivo e fallibile, e, proprio per questo, affidabile. Perché la fallibilità è connaturata al progresso delle conoscenze e viene sancita dallo stesso metodo scientifico nel momento in cui valida conoscenze più avanzate. Il rigore della validazione razionale ed empirica è l'unica garanzia di successo del progresso della conoscenza.

Già Bacon segnalava, indicandoli come Idola, gli errori e le distorsioni cognitive verso cui tendiamo come umani, come individui, come parlanti, come pensanti. Queste tendenze sono connaturate ma controllabili nella misura in cui le individuiamo e le evidenziamo, spesso tramite un processo sociale. Irretiti da numerosi bias cognitivi tendiamo a selezionare i fatti che confermano le nostre aspettative scartando quelli dissonanti, a proiettare certezze pregresse su eventi successivi, a dare fiducia alle concezioni del nostro gruppo anche contro le evidenze, a considerare come universali le nostre peculiarità sociali o biografiche, ad attribuire alle parole la consistenza dei concetti, e ai concetti la realtà delle cose. Beninteso si tratta di rischi che corrono anche gli scienziati, ma che nella comunità scientifica vengono sistematicamente combattuti grazie al dibattito pubblico e alla valutazione anonima dei risultati da parte di terzi, la famosa valutazione tra "pari", pilastro della validazione dei risultati scientifici.

L'epidemia Covid-19 è stata un ottimo osservatorio, fra le tante cose, della scarsa permeabilità dell'opinione pubblica a un pensiero critico di tipo scientifico. Una difficoltà concettuale molto grave nel contesto di una società complessa, ma ben identificabile durante questa epidemia anche in *opinion makers* dotati di ottimi *curricula*, è la riluttanza a pensare in termini probabilistico-statistici: "se un vaccino è veramente utile nessun vaccinato si deve ammalare, altrimenti è inutile"; "se ci sono casi di persone guarite spon-

taneamente allora le ospedalizzazioni sono una truffa"; "se durante le vacanze aumentano i casi di contagio allora le scuole sono assolate da ogni ombra di dubbio sulla loro sicurezza".

Lo stesso vale per la difficoltà a maneggiare i diversi parametri in gioco e la loro composizione nella variabilità in un *continuum* di probabilità: all'esperto di turno arriva ossessivamente la richiesta di dare risposte perentorie in termini di tutto o niente. Anche persone colte manifestano rigidità in certi contesti: la difficoltà a paragonare piccole probabilità di inconvenienti immediati con enormi vantaggi in tempi non prevedibili (vaccino vs. malattia), la staticità di risposte standardizzate di fronte a eventi in continuo cambiamento e la non adattabilità a scenari in rapida evoluzione (le misure prese per le scuole quando si pensava a una diffusione esclusivamente via droplets sono restate dogmaticamente le stesse anche quando si è diffusa la consapevolezza della diffusione via aerosol).

Pensare che ciascuno di noi possa effettuare la sua ricerca personale, usando i dati disponibili in rete o magari i casi che la vita ha portato sotto la sua osservazione per capire come stanno veramente le cose su un dato argomento è un ragionamento molto rischioso. Siccome gli errori si fanno senza rendersene conto, altrimenti verrebbero evitati, si rischia di convincersi, nei modi più diversi, di certe conclusioni da cui difficilmente poi si torna indietro, proprio a causa del bisogno di conferma degli assunti che ci hanno inizialmente convinto.

Abbiamo potuto per esempio osservare come una insofferenza politica per alcune misure anti-pandemiche o per come sono state poste abbia indotto non esperti del campo ad abbracciare posizioni che la comunità scientifica rigetta, ma che sono più funzionali al sostegno alle tesi politiche o sociali che essi difendono, in un deragliamento progressivo sostenuto dalla ostinazione a pescare pseudo-evidenze per non rinunciare a pronunciamenti già espressi (chiaro esempio di *cultural bias*).

Ognuno dovrebbe avere quella base di alfabetizzazione scientifica e quello spirito critico che permette di affrontare in modo consapevole la discussione pubblica di temi sanitari, ambientali, economici, sociali ecc. Cosa vuole dire essere alfabetizzati scientificamente? Significa capire e saper applicare a problemi nuovi i fondamenti delle leggi della fisica, della chimica, della biologia, della geologia, della genetica e sapere destreggiarsi con un po' di matematica di base. I test internazionali sulle competenze della popolazione scolastica e adulta, che misurano proprio le capacità di operare con problemi di carattere scientifico, non sono molto lusinghieri nel nostro paese.

L'alfabetizzazione scientifica non deve essere confusa con la ricerca scientifica: è una sorta di dotazione di cittadinanza minimale che

permette di navigare nel mare dell'informazione ed evitare le cantonate più grandi, identificando le fonti affidabili rispetto a quelle inattendibili, sapendo scegliere tra gli scienziati a cui dare e non dare fiducia. La ricerca scientifica è qualcosa di molto più sofisticato, che esplora, con metodo, le frontiere del sapere, ponendo questioni e ipotesi nuove e le mette alla prova basandosi su strumenti, calibrazioni, metodologie che permettono di estrarre le informazioni rilevanti separandole dal rumore ambientale dei media. Un po' la differenza che corre tra ascoltare musica o suonare uno strumento.

Per la maggior parte della popolazione la formazione scolastica è, ovviamente, un'esperienza che dista decenni nel passato, periodo di tempo in cui il panorama scientifico si è sostanzialmente modificato. Ma più ancora che l'aggiornamento sui contenuti specifici sono le competenze di base spesso a mancare: saper leggere una tabella, interpretare un grafico, afferrare se l'ordine di grandezza di un dato è ragionevole, individuare elementi incoerenti o non esaustivi in una spiegazione ecc. Eppure sono le stesse persone che compongono l'opinione pubblica che vengono chiamate a informarsi su temi a carattere eminentemente scientifico come cambiamenti climatici e Covid per contribuire a un processo decisionale da cui dipende il nostro futuro.

Se riuscissimo a fare in modo che l'opinione pubblica si sintonizzasse almeno su alcuni presupposti del lavoro scientifico avremmo fatto un grande passo avanti. Si tratta dell'umiltà nell'accettare che sia la natura, o la realtà, ad avere l'ultima parola, della disponibilità a fare parte dello sforzo di un gran numero di altri scienziati il cui giudizio è rispettato; ma anche del coraggio nell'esplorare nuove ipotesi, della tenacia nel sostenere tesi e risultati scientifici innovativi, fino al momento in cui non vengano smentiti da altre ricerche, pronti in tale caso a cambiare idea; dell'apertura mentale congiunta con il rigore dell'analisi.

Si tratta di modalità proprie della scienza e del suo metodo, atteggiamenti mentali che se non si condividono, non permettono di capire l'importanza e l'utilità della vera scienza e dei veri scienziati, e quindi di rivolgersi alla scienza con un atteggiamento impostato alla fiducia. Atteggiamenti che abbiamo collegato alla scienza e al suo metodo, ma che probabilmente farebbero bene a tutta la società: una rinnovata fiducia nelle istituzioni, nelle organizzazioni politiche, nelle associazioni che rappresentano varie parti della società, che sia basata sul rispetto della competenza, sulla *accountability*, sulla trasparenza e sulla disponibilità alla verifica reciproca, rafforzerebbe la coesione sociale.

Concludendo, per capire la differenza fra fiducia e fideismo nella scienza vale la pena citare di nuovo Richard Feynman che nel 1974 fece una brillante prolusione all'anno accademico di Caltech, in California. Il tema era proprio la scienza contrapposta alla pseudoscienza, e per affrontarlo introdusse il concetto di "scienza del culto dei cargo" (*cargo cult science*). «Penso che gli studi educativi e psicologici che ho menzionato siano esempi di ciò che vorrei chiamare "scienza del culto dei cargo". Nei mari del Sud vive un popolo che pratica il culto dei cargo. Durante la seconda guerra mondiale hanno visto gli aeroplani atterrare portando quantità di beni materiali e ora desidererebbero che la stessa cosa accadesse ancora. Così si sono organizzati per mantenere in funzione le piste di atterraggio, accendendo fuochi lungo i loro lati, costruendo una capanna di legno per ospitare una persona con due pezzi di legno sulla testa a simulare le cuffie e barre di bambù che assomigliano a delle antenne – è il controllore di volo – dopodiché aspettano che gli aerei atterrino. Fanno tutto come si deve. La forma è perfetta. Sembra esattamente come era prima. Ma non funziona. Nessun aereo atterra. Seguono tutti i precetti e le forme apparenti dell'indagine scientifica, ma gli manca qualcosa di essenziale, perché gli aerei non atterrano». ■

