



Perché fidarsi della scienza?

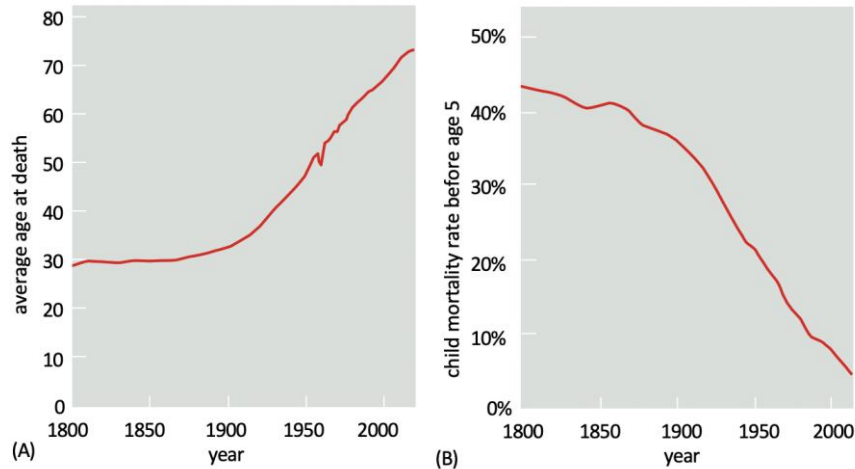
Un breve saggio per aiutare a diffondere la comprensione di come viene prodotta la conoscenza scientifica, suggerendo al contempo un nuovo focus per l'educazione scientifica a tutti i livelli.

I prodotti della scienza e gli sforzi degli scienziati arricchiscono la nostra vita quotidiana. Forse ti sei imbattuto in questo saggio mentre navigavi su Internet per un compito in classe o cercando qualcosa di interessante da leggere. Prima del 1990, Internet non esisteva nemmeno. Eppure ora lo usiamo per qualsiasi cosa, dal guardare video e ascoltare musica, all'ordinare i pasti e rimanere in contatto con la famiglia e gli amici.

Internet è solo un esempio di come la scienza e la tecnologia abbiano cambiato il nostro modo di vivere. Pensate all'elettricità, alle automobili e ai computer, per non parlare dei progressi della medicina che ci permettono di vivere il doppio di quanto facevano i nostri antenati solo duecento anni fa.

La maggior parte di noi non passa molto tempo a pensare a queste cose, perché non ne abbiamo davvero bisogno. Confidiamo che le tecnologie funzioneranno. Confidiamo che quando colleghiamo il telefono, la batteria si caricherà. Confidiamo che quando saliamo

in macchina, il motore convertirà l'energia chimica contenuta nella benzina o in una batteria nell'energia cinetica del movimento.



Una scienza solida e affidabile ha migliorato la salute umana. L'aspettativa di vita (A) è più che raddoppiata negli ultimi 200 anni e la mortalità infantile (B) è diminuita drammaticamente. Le innovazioni basate su ricerca scientifica, tra cui servizi igienico-sanitari, vaccini, antibiotici e trattamenti per le malattie, rappresentano la maggior parte di questi miglioramenti. (Da ourworldindata.org).

Ma perché ci fidiamo di queste tecnologie che, ad essere onesti, la maggior parte di noi non riesce nemmeno a comprendere appieno? Quanti di noi sanno come funziona uno smartphone o il motore di un'auto o una batteria ricaricabile? Avete mai finito di guardare il video sulla sicurezza su un aereo e vi siete chiesti come un jumbo jet che pesa centinaia di tonnellate possa decollare e prendere il volo?

Pochissimi di noi sono esperti in una di queste cose. Anche così, confidiamo di poter ricaricare i nostri telefoni alla fine della giornata e che gli aerei non cadano inspiegabilmente dal cielo. Confidiamo che queste cose funzioneranno perché possiamo fidarci dell'ingegneria che li ha prodotti: dei progressi tecnologici che sono stati resi possibili da principi derivati da un'ampia osservazione e sperimentazione. In altre parole, confidiamo nella scienza sottostante.

Ma tutta la scienza è ugualmente affidabile? Molte delle storie che sentiamo al telegiornale o che incontriamo su internet iniziano con la frase: "un nuovo studio dimostra..." Ma le affermazioni scientifiche di cui leggiamo sono sempre accurate e vere? In caso contrario, come facciamo a sapere quali studi sono solidi e affidabili e quali potrebbero essere progettati in modo improprio? O addirittura completamente

... le
affermazioni
scientifiche di
cui leggiamo
sono sempre
accurate e
vere?

fittizi, soprattutto quando non abbiamo le competenze per analizzare noi stessi l'esperimento e i dati?

In questo saggio, affrontiamo la questione del perché possiamo fidarci della scienza e di come possiamo identificare di quali affermazioni scientifiche possiamo fidarci. Inizieremo spiegando come gli scienziati lavorano insieme, come parte di una comunità scientifica più ampia, per generare conoscenze affidabili. Descriveremo come il processo scientifico costruisce un consenso, e come nuove prove possono cambiare il modo in cui gli scienziati e, in ultima analisi, il resto di noi vedono il mondo. Ultimo, ma non meno importante, spiegheremo come, da cittadini informati, possiamo diventare tutti "outsider competenti" che sono attrezzati per valutare le affermazioni scientifiche e sono in grado di separare i fatti scientifici dalla fantascienza.

La scienza crea conoscenza attraverso uno sforzo comunitario

Quando immagini uno scienziato, cosa ti viene in mente? Forse immaginate un chimico che lavora lunghe ore solitarie al banco di un laboratorio, con una lavagna ricoperta di equazioni e bicchieri che bollono in sottofondo. O forse pensate a qualcuno come Gregor Mendel, il monaco che a volte viene descritto come il padre della genetica, solo nel suo giardino dell'abbazia, che esamina meticolosamente generazione dopo generazione le sue piante di piselli accuratamente allevate.

Se è così, potresti essere sorpreso di sapere che la scienza, in particolare la scienza moderna, è uno sport di squadra.

In qualsiasi campo della scienza, dall'astronomia alla zoologia, i ricercatori lavorano tra loro all'interno della più ampia comunità scientifica. Questi ricercatori condividono i loro dati in pubblicazioni e discutono i loro risultati in occasione di conferenze. Scrivono proposte di ricerca che vengono esaminate dai loro colleghi scienziati. Tengono conferenze in cui gli altri esaminano e valutano tutto, dai loro metodi al modo in cui interpretano i loro risultati. Collaborano con i colleghi e interagiscono con i concorrenti, che fanno tutti parte di una vasta rete di scienziati con sede presso istituzioni di tutto il mondo, tra cui molti nel sud del mondo e nei paesi in via di sviluppo. Come Ludwik Fleck, un microbiologo polacco che ha studiato la sociologia della scienza, in poche parole: "Un



Per gentile concessione di Lizzy Mwamburi

La scienza, in particolare la scienza moderna, è uno sport di squadra... pensare è un'attività collettiva

investigatore veramente isolato è impossibile... Pensare è un'attività collettiva".

In risposta a queste critiche collettive, i ricercatori escogitano strategie ancora più rigorose per testare le loro teorie e concetti. Gli scienziati, sia gli scopritori originali che quelli esterni al gruppo, adattano quindi le loro ipotesi per gestire al meglio tutti i dati disponibili. Se due teste sono meglio di una, quando si tratta di scienza, centinaia e forse anche migliaia di ricercatori spesso mettono insieme le loro menti per riflettere su un problema e testare sperimentalmente – e ritestare – la soluzione proposta. In questo modo, la comunità scientifica si sforza di raggiungere un consenso.

Naturalmente, gli scienziati, come chiunque altro, possono commettere errori. Ma, come gruppo, gli scienziati sono professionisti che hanno dedicato la loro vita a cercare di capire il mondo in cui viviamo. Quindi noi dovremmo valorizzare la loro formazione e competenza nello stesso modo in cui riponiamo la nostra fiducia nei meccanici, nei piloti e nei controllori del traffico aereo che lavorano insieme per garantire che i nostri voli decollino e atterrino in sicurezza. Gli scienziati sono addestrati a esaminare tutto ciò che vedono con occhio analitico. Quindi, quando abbiamo domande che, per natura, richiedono un'indagine metodica e rigorosa, ha senso che ci rivolgiamo agli scienziati per aiutarci a trovare le risposte.

La scienza si autocorregge perché gli scienziati sono critici nei confronti del proprio lavoro

Quando veniamo a conoscenza per la prima volta del "metodo scientifico", ci viene detto che uno scienziato fa osservazioni e poi sviluppa un'ipotesi – una proposta che spieghi queste osservazioni – che può essere verificata da qualche tipo di esperimento. Se i risultati supportano l'ipotesi, l'ipotesi è confermata e lo sperimentatore può quindi condurre ulteriori ricerche per perfezionare ulteriormente il suo modello.

Ma questo quadro è molto semplificato. In realtà, le ipotesi sono proposte formulate per essere confutate. Gli scienziati sono addestrati ad essere scettici, anche (o soprattutto) riguardo alle loro stesse ipotesi. I bravi scienziati operano con la

consapevolezza che le loro idee o modelli iniziali possono richiedere una revisione o addirittura un rifiuto totale. Qualcuno potrebbe anche obiettare che un importante obiettivo della scienza è quello di eliminare le nozioni errate, i risultati irriproducibili e le interpretazioni errate. Poiché la scienza avanza attraverso una rigorosa verifica delle ipotesi basata sulla comunità, essa corregge i propri errori in modo efficiente. Un rigoroso sistema di controlli e contrappesi è "incorporato" nel metodo scientifico, allontanandoci dalla disinformazione e verso un approccio sempre più accurato e una comprensione affidabile del mondo.

Un rigoroso
sistema di
controlli e
contrappesi è
"incorporato" nel
metodo
scientifico

Una sana applicazione dello scetticismo permette alla scienza di progredire. Ma lo fa solo perché, come comunità, gli scienziati condividono un insieme simile di valori. Nel suo libro *Scienza e*

Valori Umani, Jacob Bronowski, fisico e filosofo, ha osservato: "La scienza confronta il lavoro di un [ricercatore] con quello di un altro e innesta ciascuno su ciascuno; non può sopravvivere senza giustizia, onore e rispetto. Solo con questi mezzi la scienza può perseguire il suo obiettivo costante, esplorare la verità".



Per gentile concessione di Ashrafi Hossain

Le pratiche condivise aumentano l'accuratezza dei risultati scientifici

I valori condivisi da soli non sono sufficienti a rendere la scienza auto-correttiva. Nel corso del tempo, la comunità scientifica ha sviluppato una serie di pratiche critiche che facilitano il costante controllo delle conoscenze necessarie al progresso della scienza. Queste pratiche consentono ai ricercatori di "verificare il loro lavoro" identificando potenziali problemi nelle loro teorie ed esperimenti, consentendo loro di perseguire le correzioni necessarie.

1. **Replica indipendente.** Quando i ricercatori pubblicano il loro lavoro, forniscono descrizioni complete delle procedure sperimentali che hanno seguito. Molte pubblicazioni includono un elenco di tutti i materiali utilizzati, nonché dove sono stati acquistati gli ingredienti, come sono stati preparati e persino quali numeri di lotto appaiono sul lato della bottiglia! Questo straziante livello di dettaglio è progettato per consentire ad altri membri della comunità di riprodurre l'esperimento originale (o di condurne uno

molto simile). In questo modo, gli scienziati possono facilmente corroborare o aggiungere risultati reciproci o identificare un problema con lo studio originale.

La comunità scientifica ha sviluppato una serie di pratiche critiche ... necessario per il progresso della scienza.

2. Studi randomizzati controllati. Per determinare se un nuovo farmaco o vaccino (o anche un curriculum scientifico delle scuole superiori) è più efficace di quello attualmente in uso, gli scienziati confrontano ciò che accade a un gruppo di persone che ricevono il nuovo intervento con un gruppo di "controllo" che non lo fa. Per assicurarsi che questi due gruppi non differiscono in alcuni aspetti (ad esempio, uno contenente persone che hanno tutte decenni di età rispetto all'altro), tali studi assegnano in modo casuale i partecipanti a ciascun gruppo: alcuni a ricevere il trattamento sperimentale e altri a ricevere il trattamento convenzionale in corso o un placebo – una sostanza inattiva o un trattamento fittizio. Questi studi randomizzati controllati rappresentano l'approccio gold standard per determinare, con certezza, se un nuovo trattamento è efficace e sicuro.

3. Analisi in cieco. Quando gli scienziati progettano e conducono i loro esperimenti, cosa impedisce loro di riportare (intenzionalmente o meno) in modo selettivo solo i dati che supportano le loro ipotesi? Per evitare che tali pregiudizi si insinuino, gli scienziati possono utilizzare una "analisi in cieco" per evitare di "vedere le risposte" in anticipo. Ad esempio, in uno studio clinico per testare l'efficacia di un farmaco o di un vaccino, i ricercatori che conducono lo studio in genere non sanno quali partecipanti ricevono il trattamento e quali ricevono un placebo. Molto spesso, nemmeno i partecipanti stessi lo sanno, assicurandosi che nessuno coinvolto nello studio possa inavvertitamente influenzare i risultati.

4. Validazione statistica. I dati scientifici mostreranno sempre un certo grado di variabilità, quindi i ricercatori utilizzano analisi statistiche per valutare la probabilità che un particolare risultato sia "reale", al contrario di qualcosa che potrebbe essere accaduto per caso. Per evitare di essere fuorviati, i bravi scienziati progettano i loro esperimenti con tutti i controlli appropriati, replicano campioni e una dimensione totale del campione che sia abbastanza grande da assicurare loro che i loro risultati siano significativi e non semplicemente dovuti a fortuna casuale.

5. Revisione paritaria. Tutto ciò che gli scienziati fanno è soggetto a revisione da parte di altri scienziati. Prima ancora di iniziare la loro ricerca, i ricercatori in genere presentano richieste di finanziamento per pagare i loro esperimenti, spiegando cosa intendono fare e come intendono farlo. Queste applicazioni

vengono valutate da altri ricercatori per garantire che solo i progetti ben strutturati ricevano un sostegno finanziario. Gli articoli che gli scienziati scrivono per descrivere la loro ricerca vengono valutati in modo simile prima di essere pubblicati su riviste "peer-reviewed". In questo processo, gli scienziati con le competenze richieste (le cui identità generalmente non vengono rivelate agli autori dello studio) forniscono un feedback sull'articolo prima che venga accettato per la pubblicazione. Ultimo ma non meno importante, una volta pubblicati i documenti di ricerca, tutte le informazioni che presentano sono soggette a critiche da parte della più ampia comunità scientifica.

Anche se i singoli scienziati possono sbagliare, le correzioni guidate dalla comunità consentono al campo di progredire verso una comprensione sempre maggiore.

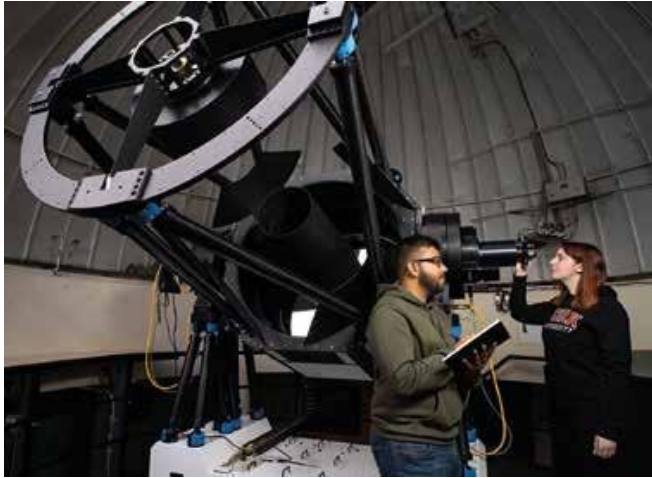
Pubblicando i loro risultati e sottoponendo i loro metodi e le loro analisi a una revisione critica, gli scienziati facilitano lo scambio di idee, sfidano ipotesi e interpretazioni e si incoraggiano a vicenda a rivalutare continuamente le proprie teorie e perfezionare le proprie conclusioni. Così, anche se i singoli scienziati possono sbagliare, le correzioni guidate dalla comunità permettono al campo di progredire verso una comprensione sempre maggiore.

Solo le affermazioni che hanno superato i rigorosi test di sperimentazione e critica a livello di comunità sono accettate come provvisoriamente valide, spingendoci così verso un consenso che sia affidabile e in cui possiamo fidarci. Come dice la scienziata e storica Naomi Oreskes nel suo libro *Why Trust Science*: "... La base della nostra fiducia non è negli scienziati, come individui saggi o retti, ma nella scienza come processo sociale che controlla rigorosamente le affermazioni".

La scienza è un sistema per comprendere il mondo che genera previsioni verificabili

La scienza non progredisce semplicemente confermando la stessa informazione, nello stesso insieme di circostanze, ancora e ancora. La bellezza dell'impresa scientifica è che utilizza osservazioni ed esperimenti passati per prevedere come il mondo naturale si comporterà in futuro. Lo fa producendo modelli: quadri concettuali su come funzionano le cose. Questi modelli vengono poi testati ripetutamente da ricercatori in altri laboratori e persino

in altri campi della scienza per determinare se sono sempre veri. Nuovi esperimenti possono confermare un modello, portare alla sua alterazione in piccoli o grandi modi, o indurre il suo rifiuto e la sua sostituzione con uno che ospita meglio tutti i dati.



Per gentile concessione dell'Università di York (Toronto, Canada)

In questo modo, la scienza ha prodotto una vasta rete di conoscenze interconnesse e consolidate che ci permettono non solo di descrivere o spiegare le cose che osserviamo oggi, ma anche di prevedere cosa accadrà domani, martedì prossimo e tra 100 anni. Alla fine del 1600, Sir Isaac Newton inventò le sue leggi del moto per spiegare come le forze fisiche influenzano il movimento di oggetti. Queste leggi sono valide ancora oggi.

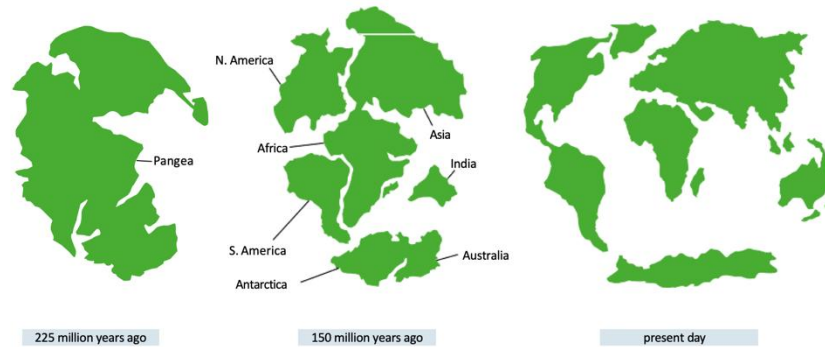
In qualsiasi parte del pianeta, possiamo usarli per valutare la velocità con cui correre per intercettare un passaggio o come eseguire alla perfezione un kickflip su uno skateboard. Ma valgono anche le stesse leggi nello spazio, dove possono prevedere, con una precisione quasi inquietante, quando avrà luogo la prossima eclissi solare, di quanto carburante ha bisogno di un razzo su Marte, o se la detonazione di un'esplosione mirata con precisione fornirà una forza sufficiente per alterare il percorso di un asteroide che altrimenti potrebbe scontrarsi con la Terra in cinque mesi, cinque anni, o cinque secoli.

Il pensiero scientifico viene continuamente affinato da nuove prove e talvolta può produrre un grande cambiamento nel modo in cui vediamo il mondo

È chiaro che la scienza è un processo iterativo e senza fine di esplorazione e analisi in cui anche le idee popolari sono continuamente rivalutati man mano che gli scienziati effettuano nuove osservazioni e raccolgono nuove prove. Man mano che i metodi disponibili per fare queste osservazioni diventano sempre più potenti, non solo alimentano nuove scoperte, ma permettono alle idee più vecchie di essere rivisitate con occhi nuovi. In alcuni casi, le nuove prove possono capovolgere completamente il modo in cui vediamo il mondo.

All'inizio del XX secolo, ad esempio, gli scienziati avevano una manciata di teorie riguardanti il movimento dei continenti sulla terra. Una sosteneva che si fossero formati all'inizio della storia

geologica e fossero rimasti esattamente dove si erano originati. Un altro ha proposto che la giovane terra si fosse contratta mentre si raffreddava, causando la deformazione e la piegatura della sua superficie come la pelle di un'uva passa secca. Quelle rughe, si pensava, causavano lo spostamento della terra verso l'alto o verso il basso, formando le creste delle catene montuose e le profondità sommerse dei fondali oceanici.



La teoria della tettonica a placche rivela come si pensa che i continenti si siano spostati nel tempo. Sebbene il concetto di deriva dei continenti sia stato proposto più di un secolo fa, ci sono voluti decenni di osservazioni e lo sviluppo di nuove tecnologie per accumulare le prove necessarie per confermare l'idea audace e sorprendente, inizialmente ritenuta impossibile, che i continenti stiano lentamente strisciando sulla superficie terrestre.

Poi, all'inizio del 1900, un meteorologo tedesco, Alfred Wegener, stava contemplando come, su una mappa del mondo, i contorni del Sud America e dell'Africa sembrassero combaciare, come i pezzi di un puzzle. Fece la sorprendente proposta che tutti i continenti della Terra si muovessero lateralmente sulla sua superficie, e che un tempo facevano parte di un'unica grande massa, chiamata Pangea, che si è gradualmente separata nel corso di centinaia di milioni di anni.

Ma la prova concreta che il terreno su cui ci troviamo non è così stabile come sembra non sarebbe arrivata fino agli anni '50, quando i geologi usarono il sonar per mappare il fondo dell'oceano. Invece della superficie liscia che essi si aspettavano, scoprirono catene montuose e trincee che si sono formate man mano che il fondale marino si estendeva. Durante gli anni '60, gli scienziati hanno continuato a studiare il fondo dell'oceano, studiando il modo in cui i materiali magnetici si allineavano mentre si formavano le rocce antiche.

I dati raccolti hanno mostrato che non solo i continenti si sono spostati l'uno rispetto all'altro, ma lo stesso vale per enormi lastre di crosta terrestre, le cosiddette "placche tettoniche" su cui viaggiano i continenti del pianeta e i suoi oceani. Questo lento strisciamento, più o meno alla stessa velocità con cui crescono le unghie, può ora essere misurato direttamente utilizzando il sistema

di posizionamento globale (GPS). E l'osservazione e lo studio continuo di questo fenomeno è fondamentale: è il movimento delle placche tettoniche che dà origine ai vulcani e ai terremoti.

La maggior parte delle conoscenze scientifiche si costruisce gradualmente verso un consenso affidabile



*Per gentile concessione di Tom Mumford, Univ. di Washington
Friday Harbor Labs*

Sebbene il processo di indagine scientifica porti occasionalmente a cambiamenti drammatici nella nostra comprensione del mondo naturale, come è accaduto per il ritrovamento delle placche tettoniche, la maggior parte dei cambiamenti nella conoscenza scientifica sono molto più gradualmente. Man mano che vengono condotti sempre più studi, la comunità si muove verso una comprensione più profonda di un problema o di una domanda, un piccolo passo alla volta.

Considera l'idea che le malattie possono essere causate da microrganismi. Nel XVIII e XIX secolo, medici e scienziati curiosi con accesso a un microscopio riportarono di aver rilevato germi (allora chiamati animalcules o "piccoli animali") in ferite infette o campioni di sangue raccolti da persone con la peste e altre terribili malattie. Ma erano queste minuscole creature la causa della malattia?

Il medico tedesco Robert Koch è stato il primo a collegare un microrganismo specifico con una malattia specifica. Ha iniziato il suo lavoro studiando l'antrace, una malattia che colpiva il bestiame e gli esseri umani. Esaminando il sangue annerito di mucche e pecore malate, Koch poté vedere quelli che sembravano essere minuscoli bastoncini o fili.

Gli stessi bastoncini non sono mai stati trovati nel sangue di animali sani. Koch ha poi immerso una piccola scheggia di legno nel sangue di un animale malato e l'ha usata per inoculare un topo. Quando il topo morì a causa dell'antrace, Koch scoprì che anche il suo sangue pullulava di bastoncini sospetti.



La scoperta che un particolare tipo di microbo a forma di bastoncino causa l'antrace. Questa fotografia, scattata al microscopio da Robert Koch, fu pubblicata nel 1877.

Anche allora, Koch non poteva essere sicuro che non ci fosse qualcos'altro nel suo campione che stava causando la malattia. Così si inventò una tecnica per far crescere i microbi in una piastra di coltura in modo che si formino colonie, ognuna delle quali conteneva una popolazione pura di un solo tipo di germe. Questo approccio attento e graduale gli ha permesso di dimostrare che un microbo specifico, che ha raccolto e poi coltivato in laboratorio, poteva causare una malattia specifica e mortale.

Usando un approccio simile, Koch scoprì il microbo che causa la tubercolosi (TBC), un microbo che si distingue dai piccoli bastoncini che causano l'antrace. Per questo lavoro, Koch fu insignito del premio Nobel nel 1905. E molte altre scoperte hanno seguito questo esempio. Solo decenni dopo lo stesso tipo di indagine avrebbe portato all'isolamento del virus che causa l'influenza. I virus sono ancora più difficili da studiare rispetto ai batteri perché sono troppo piccoli per essere visti con un microscopio ottico. Così, quando i medici hanno esaminato i tamponi nasali di persone malate di influenza, non sono riusciti a vedere un colpevole evidente. Ma nel 1933, i ricercatori nel Regno Unito presero i "lavaggi della gola" con gargarismi

Da un loro collega malato e li fecero passare attraverso un filtro fine che avrebbe rimosso gli oggetti più grandi, comprese le cellule. Ciò che rimaneva era un liquido che conteneva qualcosa di così piccolo da essere invisibile, ma così infettivo che quando veniva gocciolato nella narice di un furetto, dava all'animale tutti i sintomi dell'influenza, tra cui naso chiuso, starnuti e febbre. Questi esperimenti, che hanno dimostrato che il catarro filtrato da una persona malata ma non da una sana può diffondere la malattia, hanno indirizzato i ricercatori verso il virus responsabile delle ripetute epidemie di influenza che avevano ucciso molti milioni di persone in tutto il mondo.

Oggi, medici e ricercatori possono raccogliere campioni da persone con una malattia sconosciuta e utilizzare potenti tecnologie del DNA per esaminarli rapidamente alla ricerca di geni associati a centinaia di virus, batteri, parassiti e funghi noti che causano malattie. Tale approccio ha portato al rapido isolamento e all'identificazione del virus responsabile del COVID. Determinare quale tipo di germe causa un'infezione è il primo passo verso lo sviluppo di vaccini e trattamenti che possano rallentare o prevenire la malattia. Nel caso del COVID, la scoperta iniziale del virus è stata rapidamente seguita da studi su come entra nelle cellule ospiti e su come si trasmette da persona a persona, risultati che sono stati rapidamente confermati da diversi laboratori in tutto il mondo.

Questa comprensione ha guidato lo sviluppo e la somministrazione di un nuovo vaccino a miliardi di persone meno di un anno dopo le prime segnalazioni di infezione. Un progresso così rapido da una scoperta di base a un beneficio clinico dimostra che, anche con controlli e contrappesi in atto (compresi studi controllati, in cieco e

revisione tra pari), la scienza può talvolta raggiungere un consenso in tempi record.

Comprendere il processo scientifico può aiutarci a distinguere tra disinformazione e scienza legittima

Grazie all'espansione esplosiva di Internet e all'inevitabile diffusione dei social media, la maggior parte di noi ha ora un accesso praticamente illimitato a un'ondata di informazioni, così come alla disinformazione. Oggi, chiunque può promuovere prodotti o idee a centinaia o migliaia o addirittura milioni di persone con un semplice clic. Purtroppo, gran parte di queste informazioni non sono accurate. Le persone con un gran numero di follower online, ma con poca preparazione scientifica, possono pubblicizzare studi dubbi o non confermati – o

persino fabbricarli dal nulla. Alcuni sostengono convinzioni sincere ma non scientifiche o confutate, come il legame tra autismo e vaccini infantili. Altri promuovono falsità a scopo di lucro, come i lobbisti delle compagnie petrolifere che negano il ruolo che i combustibili fossili stanno giocando nel cambiamento climatico globale. In questo libero scambio informativo, le false affermazioni diventano spesso rapidamente sensazionalizzate e diffuse a milioni di persone.

Dato che non possiamo essere esperti nella maggior parte dei campi della scienza, come possiamo determinare se uno studio o una storia particolare è affidabile?

Tutti noi abbiamo bisogno di pensare in modo critico quando leggiamo o vediamo storie sul web, sui social media o sulla stampa popolare. Tuttavia, dato che non possiamo essere esperti nella maggior parte dei campi della scienza, come possiamo determinare se un particolare studio o storia è affidabile? Come possiamo vaccinarci contro l'essere ingannati da falsità scientifiche o travisamenti scientifici? I ricercatori che si dedicano alla promozione dell'alfabetizzazione scientifica hanno ideato un processo in tre fasi per separare i fatti scientifici dalla fantascienza.

Il primo e forse il più critico passo consiste nel valutare la fonte del reclamo. Chi fornisce o promuove le informazioni? Hanno ragioni economiche o politiche per diffondere queste opinioni? Cosa, se mai, potrebbero vendere?

Successivamente, è importante chiedersi se la fonte delle informazioni ha le competenze e le credenziali necessarie per convalidare la propria affermazione. Hanno la formazione adeguata (una laurea medica o un dottorato, per esempio) e conducono ricerche in quel

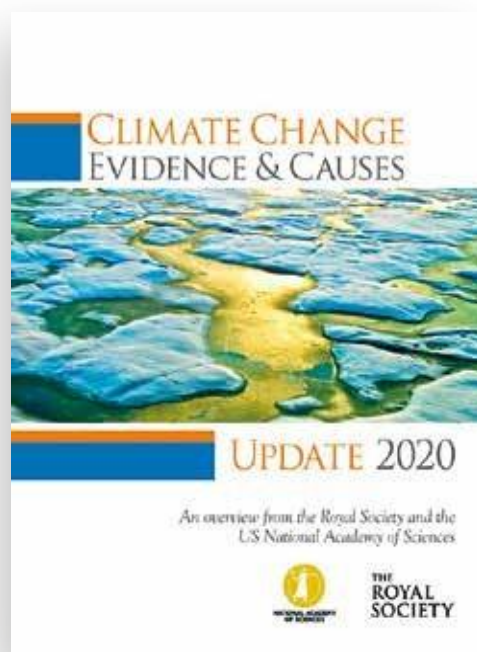
particolare campo? Anche gli scienziati più rispettati possono sbagliarsi quando si avventurano troppo lontano dalle loro aree di competenza. Non molto tempo fa, piccoli gruppi di illustri fisici insistevano sul fatto che era incerto che il fumo causasse il cancro, mettevano in dubbio che le piogge acide fossero causate dalle emissioni delle centrali elettriche e (fino all'ultimo respiro!) si opponevano all'idea che i gas serra causassero il cambiamento climatico.

Avere una laurea avanzata non è chiaramente una garanzia che qualcuno agirà in modo etico. I fisici appena citati sono stati fortemente sostenuti dal sostegno finanziario delle industrie che hanno beneficiato delle loro testimonianze "esperte". Pertanto, un altro punto da considerare è se gli esperti in questione siano generalmente rispettati dai loro colleghi scienziati.

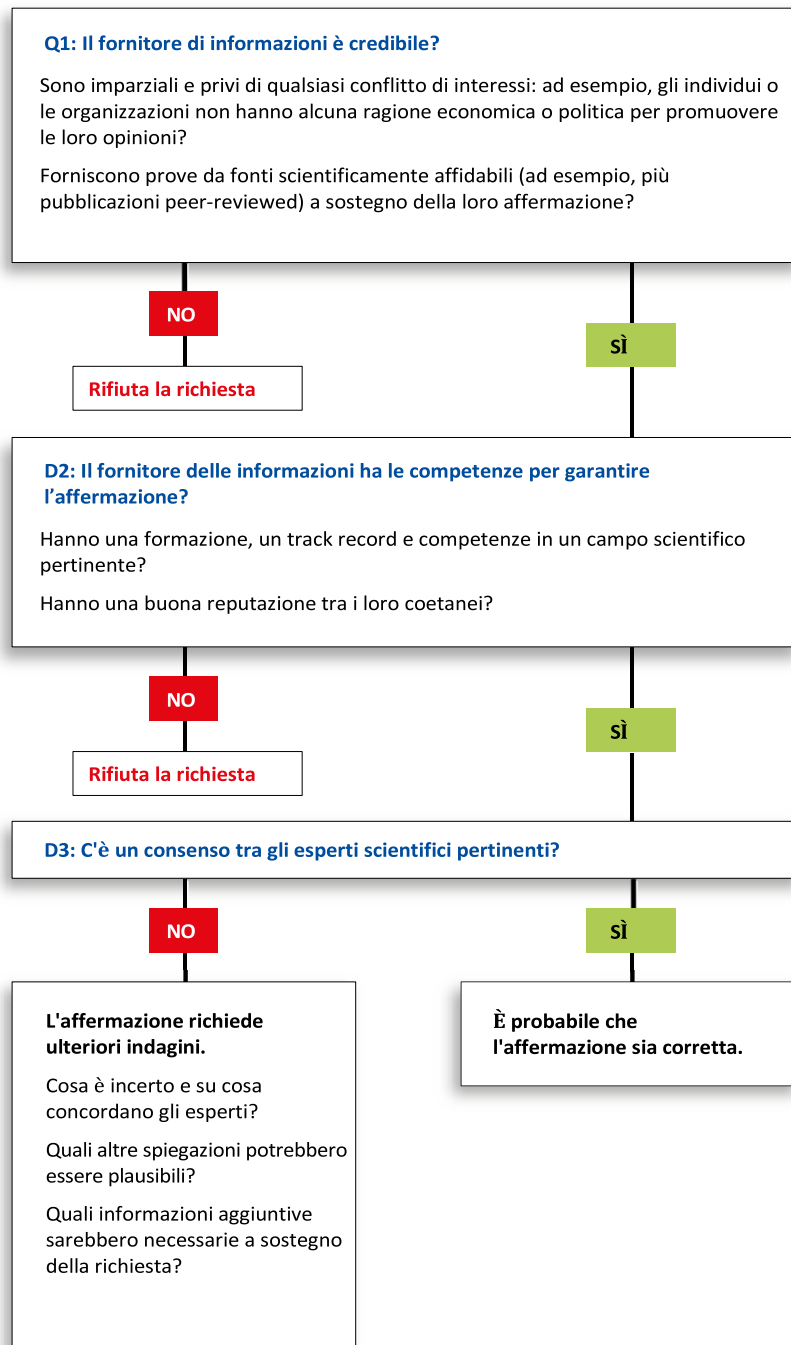
Durante i primi giorni della pandemia di COVID-19, ad esempio, un piccolo ma rumoroso gruppo di medici ha sostenuto l'uso dell'ivermectina (un farmaco antiparassitario per cavalli) per prevenire l'infezione, una strategia che non solo è inefficace, ma può essere dannosa. Alcuni di questi medici erano stati precedentemente criticati dai loro colleghi della comunità medica per aver promosso altri trattamenti non provati e inefficaci. Eppure hanno continuato a pubblicizzare le loro affermazioni non supportate, che sono state poi amplificate da influencer senza alcuna formazione scientifica o medica.

Ma cosa succede se la fonte della storia sembra credibile? A quel punto, è il momento di valutare se esiste un consenso scientifico.

A volte può essere più difficile discernere. Un buon punto di partenza potrebbe essere il sito web di un'organizzazione affidabile, come una testata giornalistica rispettata o la National Academy of Sciences (negli Stati Uniti) o la Royal Society (nel Regno Unito). Nel caso del cambiamento climatico, ad esempio, la comunità dei climatologi parla con un ampio consenso quando conclude che l'attività umana sta contribuendo al riscaldamento globale.



Un consenso scientifico sui cambiamenti climatici indotti dall'uomo. Questo rapporto di sintesi è stato prodotto congiuntamente dalle accademie scientifiche degli Stati Uniti e del Regno Unito.



Per valutare le informazioni scientifiche è possibile utilizzare un semplice processo in tre fasi. Questo metodo "veloce e frugale" utilizza tre filtri per distinguere tra le affermazioni che non sono supportate dalla scienza e quelle che lo sono. (Adattato da Jonathan Osborne e Daniel Pimentel, Science 378: 246-248, 2022).

Spesso vengono fatte affermazioni false o esagerate su prodotti mirati alla salute e al benessere, persino alla bellezza. Miliardi di dollari vengono guadagnati ogni anno attraverso la vendita di integratori e trattamenti che, nella migliore delle ipotesi, non fanno nulla. Il problema è che uno studio scientifico rigoroso di questi prodotti sarebbe proibitivo e quasi impossibile da condurre: i

volontari non possono essere sequestrati in un laboratorio dove le loro diete e i loro comportamenti possono essere meticolosamente monitorati per anni o addirittura decenni. Ma enormi profitti possono essere realizzati vendendo integratori che si suppone siano "supportati dalla scienza". I cosiddetti esperti che promuovono questi prodotti potrebbero persino insistere sul fatto che si sono "dimostrati efficaci al 100%". Naturalmente, tutte le affermazioni che offrono una certezza assoluta dovrebbero sempre essere viste con sospetto. Non c'è bisogno di essere un esperto in nessun campo della scienza per sapere che una tale affermazione è – letteralmente – troppo bella per essere vera!

Garantire che la scienza rimanga affidabile richiede una vigilanza costante

Ormai dovrebbe essere chiaro che l'intera impresa scientifica è costruita sulla fiducia. L'integrità è così essenziale per la scienza che Albert Einstein una volta osservò: "La maggior parte delle persone dice che è l'intelletto che rende grande uno scienziato. Si sbagliano: è il carattere". Gli scienziati si fidano l'uno dell'altro per aderire agli standard e alle pratiche che la comunità ha stabilito per consentire a tutti i ricercatori di fare affidamento e costruire su ciascuno di essi risultati altrui. Questa fiducia è una fondamentale componente del processo iterativo di indagine che consente agli scienziati di raggiungere un consenso e fornirci conoscenze di cui possiamo fidarci.

Allo stesso tempo, gli scienziati hanno l'obbligo di essere aperti e onesti con tutti noi. Gran parte della ricerca autorevole che incontriamo nelle notizie è supportata dalle nostre tasse. E le vite possono dipendere dal fatto che gli studi scientifici siano condotti in modo rigoroso e presentati in modo accurato. Gli scienziati hanno quindi la responsabilità etica di comunicare le loro scoperte in modo chiaro e diretto, di spiegare onestamente cosa significano le loro conclusioni (e cosa non significano) e di rendere i loro dati il più disponibili possibile per il controllo pubblico.

Questa politica di apertura non è nata spontaneamente. L'istituzione mondiale della scienza, nel suo insieme, ha lavorato a lungo per stabilire un sistema di valori e incentivi che incoraggiano vivamente i ricercatori a essere meticolosi con la loro metodologia e scrupolosi quando si tratta di condividere i loro risultati. Pertanto, la

Albert Einstein
una volta osservò:
"La maggior parte
delle persone dice
che è l'intelletto che
fa un grande
scienziato.
Si sbagliano:
è il carattere".

Mantenere i valori
culturali della
scienza richiede un
continuo apporto
di energia e
attenzione

comunità scientifica scoraggia attivamente varie forme di "comportamenti scorretti", compresa la pubblicazione di dati fraudolenti o fuorvianti e la promozione di ricerche non verificate

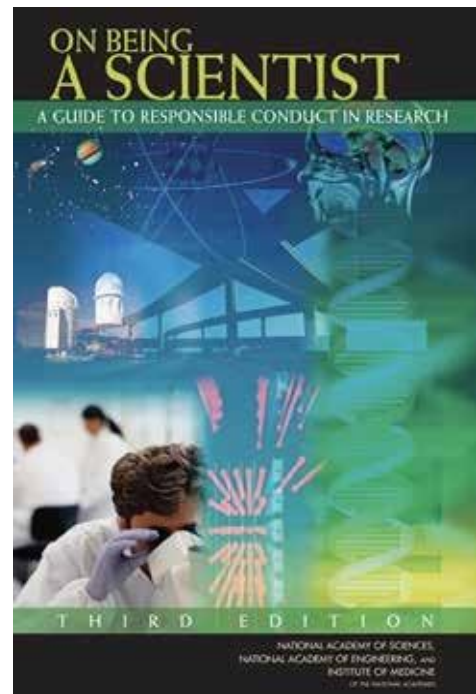
Tale cattiva condotta può sprecare risorse preziose e finanziamenti limitati, erodere la fiducia del pubblico, ostacolare la scoperta e portarci più lontano dalla verità, minando così l'obiettivo primario della ricerca scientifica.

Mantenere i valori culturali della scienza richiede un continuo apporto di energia e attenzione. A guidare la strada sono venerabili accademie scientifiche, tra cui la Royal Society nel Regno Unito (fondata nel 1660), la National Academy of Sciences degli Stati Uniti (la cui fondazione fu

firmata dal presidente Abraham Lincoln) e la World Academy of Sciences (un'accademia scientifica globale con sede a Trieste, in Italia, che lavora per far progredire la scienza e l'ingegneria per una prosperità sostenibile nei paesi in via di sviluppo). Istituzioni come queste sostengono i pilastri della scienza educando le future generazioni di scienziati e instillando in loro i valori e pratiche comunitarie che sono necessari affinché la scienza rimanga sana.

Descrivendo chiaramente come i ricercatori possono agire in modo responsabile ed etico, e delineando alcune delle insidie che gli scienziati in formazione possono incontrare, queste istituzioni incoraggiano la pratica di solide basi scientifiche e contribuiscono a sradicare le negligenze scientifiche. Considerate, ad esempio, la pubblicazione *On Being a Scientist*. Presentando esempi basati su esperienze del mondo reale, questa guida consente agli studenti di riflettere su casi di studio che rispecchiano i dilemmi che possono affrontare nella propria carriera e li espone a questioni che sono fondamentali per mantenere gli standard e le pratiche della professione scientifica.

Ma leggere rapporti esaustivi ed estesi sull'integrità scientifica non è



Le accademie scientifiche educano i giovani scienziati alla corretta pratica scientifica e si sforzano anche di proteggere l'impresa scientifica. Le Accademie Nazionali degli Stati Uniti hanno prodotto questa guida, che può essere scaricata gratuitamente, per descrivere ciò che una condotta responsabile nella scienza e incoraggiare le buone pratiche per gli scienziati in formazione.

sufficiente. Gli studenti imparano a fare buona scienza con l'esempio. Come scrive il bioeticista Paul Root Wolpe: "Comportarsi in modo etico è il modo principale in cui i mentori trasferiscono gli standard etici della loro professione ai loro tirocinanti. Tutta la formazione formale sull'etica nel mondo non può compensare per un mentore non etico". Gli scienziati senior devono quindi praticare il tipo di comportamento onesto che desiderano propagare.

Per rimanere degni della fiducia del pubblico, gli scienziati devono sorvegliare i propri ranghi per sradicare e punire coloro che si comportano in modo non etico

In un mondo ideale, nessuno scienziato si allontanerebbe mai da una ricerca virtuosa della verità. Sfortunatamente, gli scienziati, come tutti i professionisti, non sono solo umani, ma sono sottoposti a forti pressioni per avere successo. Devono competere costantemente per raccogliere riconoscimenti, borse di ricerca e i tirocinanti di cui hanno bisogno per aiutarli a svolgere il loro lavoro. Spesso devono lavorare rapidamente per evitare di essere "scooppati" e cercano di presentare i loro risultati nelle riviste più lette (un fenomeno a volte indicato come "pubblica o perisci"). Questa pressione sempre presente può portare a scorciatoie nel processo scientifico che non vengono rilevate dalla revisione paritaria, come la manipolazione di dati o immagini da un membro del team di ricerca al fine di creare una pubblicazione più convincente. In un'analisi condotta nel 2009, circa il 2% degli scienziati intervistati ha ammesso di aver fabbricato, falsificato o modificato i dati almeno una volta.

Come può la comunità scientifica prevenire tali violazioni etiche? Le migliori pratiche e la corretta condotta devono essere delineate, esemplificate e messe in pratica a tutti i livelli dell'impresa scientifica, dai singoli scienziati alle loro istituzioni e finanziatori. Allo stesso tempo, tutti questi partecipanti devono essere pronti a identificare e indagare sulle accuse di cattiva condotta. La tecnologia può aiutare: i programmi software, ad esempio, possono facilitare il rilevamento di figure manipolate o testi plagiati.

Le trasgressioni, quando scoperte, devono portare a sanzioni formali. Questi possono includere il ritiro delle pubblicazioni e la successiva correzione della documentazione scientifica, la sospensione o la rimozione degli autori dalle loro posizioni, e la revoca del loro finanziamento, temporaneamente o permanentemente. Nei casi in cui il comportamento scorretto equivale a una violazione della legge, l'individuo può anche affrontare il carcere. È il caso del ricercatore cinese che ha utilizzato l'editing genetico per alterare irreversibilmente gli embrioni umani, una pratica non solo non etica, ma – in base

all'attuale consenso della comunità scientifica – illegale in Cina e in tutto il mondo.

Alla fine, la responsabilità di migliorare l'immagine pubblica della scienza ricade in gran parte sugli scienziati stessi. Solo identificando e punendo energicamente i "cattivi attori", sostenendo e premiando coloro che agiscono in modo leale e operano con apertura e onestà, l'impresa scientifica mondiale può garantire che possiamo continuare a fidarci della comunità degli scienziati e della scienza che producono.

La fiducia nella scienza è essenziale per il nostro futuro come civiltà

La scienza ha prodotto una tale vasta gamma di conoscenze su come funziona il mondo naturale che non solo consente all'umanità di prevedere probabili calamità future – come il cambiamento climatico o una catastrofica collisione con un asteroide lontano – ma di intraprendere azioni oggi per prevenirle. Producendo previsioni affidabili su eventi futuri, la scienza rende tutte le nostre vite più sicure.

Allo stesso tempo, la scienza sta diventando sempre più centrale in molte delle preoccupazioni che ci troviamo ad affrontare, dai pericoli delle pandemie alle preoccupazioni etiche sollevate dallo sviluppo di tecniche sempre più potenti per l'ingegnerizzazione dei geni, compresi i nostri. Dobbiamo saper identificare la buona scienza per essere in grado di prendere decisioni ragionate su questi temi che riguardano la nostra vita personale e per proteggere la salute, l'integrità e il futuro della società nel suo complesso.

Con questo saggio, abbiamo cercato di fornire approfondimenti sul processo scientifico e su come gli scienziati, come comunità, si sforzano di scoprire la verità sul mondo in cui viviamo. Comprendere come la pratica della scienza porti a nuove conoscenze può aiutare tutti noi a diventare consumatori più critici di contenuti scientifici e pensatori e cittadini più informati e più fiduciosi.

Punti chiave

La scienza produce conoscenze affidabili come un ampio sforzo comunitario, guidato da un insieme critico di standard e valori.

I valori scientifici critici includono l'insistenza sull'evidenza, l'onestà, una sana dose di scetticismo e l'apertura a nuove interpretazioni e idee.

Gli standard che supportano questi valori includono la pubblicazione dei dettagli sperimentali necessari ad altri per replicare o confutare i propri risultati, controlli randomizzati, analisi in cieco, convalide statistiche e peer review.

Il consenso scientifico rappresenta il miglior approccio dell'umanità alla verità, ma non può mai essere certo al 100%, poiché deve essere mantenuto aperto al cambiamento sulla base di nuove prove e idee.

Una buona spiegazione scientifica fa previsioni logiche e verificabili sul sistema che si sta studiando.

La maggior parte delle conoscenze scientifiche migliora gradualmente, con perfezionamenti che le avvicinano sempre di più alla verità.

La pervasività dei social media ha notevolmente ampliato l'influenza della scienza falsa, esponendoci tutti a enormi quantità di disinformazione con effetti tragici.

Una solida comprensione della scienza come processo guidato dalla comunità può consentire a tutti noi di discernere la verità e diventare "competenti outsiders".

Collegamenti a risorse gratuite selezionate

Scienza, disinformazione e ruolo dell'istruzione: gli "outsider competenti" devono essere in grado di valutare la credibilità delle argomentazioni basate sulla scienza. J. Osborne e D. Pimentel J, *Science* 378: 246-248, 2022

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq8093>

Un breve saggio che propone un nuovo ruolo per l'educazione scientifica

Sull'essere uno scienziato: una guida alla condotta responsabile nella ricerca, The National Academies Press, 2009.

<https://doi.org/10.17226/12192>

Un opuscolo per gli scienziati in formazione che pone l'accento su valori e standard fondamentali per l'efficacia della comunità scientifica.

Scienza, evoluzione e creazionismo. La stampa delle accademie nazionali, 2008.

<https://nap.nationalacademies.org/catalog/11876/science-evoluzione-e-creazionismo>.

Un opuscolo che sottolinea che la scienza e la religione rappresentano due modi diversi di conoscere il mondo, e che accettare l'evidenza dell'evoluzione può essere compatibile con la fede religiosa.

Set di lezioni sulla natura delle scienze. Centro nazionale per l'educazione scientifica.

<https://ncse.ngo/nature-science-lesson-sets>.

Risorse didattiche incentrate sulla "scienza come modo di conoscere", sviluppate con l'aiuto di insegnanti di scienze praticanti.

Risorse didattiche della InterAcademy Partnership. <https://www.interacademies.org/education/teaching-resources>.

Questo sforzo globale enfatizza l'educazione scientifica basata sull'indagine, con risorse tradotte in più lingue.

Informazioni sugli autori

Bruce Alberts è il Chancellor's Leadership Chair in Biochimica e Biofisica per la Scienza e l'Educazione, Emerito, Università della California, San Francisco. È stato caporedattore della rivista *Science* dal 2008 al 2013 ed è stato presidente della National Academy of Sciences degli Stati Uniti dal 1993 al 2005.

Karen Hopkin ha conseguito il dottorato di ricerca in biochimica presso l'Albert Einstein College of Medicine ed è una scrittrice scientifica. È co-autrice del libro di testo *Essential Cell Biology* e collaboratrice del podcast quotidiano di *Scientific American*, *Science, Quickly*.

Keith Roberts ha conseguito il dottorato di ricerca presso l'Università di Cambridge ed è attualmente professore emerito presso l'Università dell'East Anglia. È coautore del libro di testo *Biologia molecolare della cellula*.

Riconoscimenti

Questo articolo, come gli stessi articoli scientifici, è stato sottoposto a diversi cicli di revisione. Altri scienziati, educatori e potenziali lettori hanno segnalato errori e suggerito utili aggiunte, che hanno aiutato gli autori a creare un articolo che fosse il più robusto e affidabile possibile. Questa versione di "Perché fidarsi della scienza?" è stata adattata da una rubrica online che accompagna il nostro libro di testo *Essential Cell Biology* (6a edizione, W.W. Norton & Company) a cui si tutto il nostro team di autori ha contribuito. Per questa versione, meno centrata sulla

biologia cellulare, desideriamo esprimere un ringraziamento particolare a Sandy Johnson e Nigel Orme, che hanno fornito input inestimabili fin dalla prima stesura.