

SCELTI PER VOI

Che cos'è la scienza? **What is science? (*)**

Richard P. Feynman

Premio Nobel per la Fisica 1965

Ringrazio il signor DeRose per l'opportunità di unirmi a voi insegnanti di scienze. Sono anch'io un insegnante di scienze. Ho molta esperienza solo nell'insegnare ai dottorandi in fisica, e come risultato dell'esperienza so che non so come insegnare.

Sono certo che voi che siete veri insegnanti che lavorano al livello più basso di questa gerarchia di insegnanti, istruttori di insegnanti, esperti in materia di curricula, siete sicuri che anche voi non sapete come farlo; altrimenti non vi sareste dati la pena di venire al convegno.

L'argomento "Che cos'è la Scienza" non è una mia scelta. Era il soggetto scelto dal signor DeRose.

Ma vorrei dire che penso che la frase "che cos'è la scienza" non sia affatto equivalente a "come insegnare la scienza", e devo richiamare la vostra attenzione su questo punto per due ragioni. In primo luogo, dal modo in cui mi sto preparando a tenere questa conferenza, può sembrare che io stia cercando di dirvi come insegnare la scienza. Non sto affatto provandoci in alcun modo, perché non so nulla sui bambini piccoli. Ne ho uno, quindi so che non lo so. L'altra ragione è che penso che molti di voi (perché ci sono così tante chiacchiere e così tanti giornali e così tanti esperti nel campo) abbiano una sorta di sensazione di mancanza di fiducia in se stessi. In qualche modo vi viene sempre fatto un discorso su come le cose non stanno andando troppo bene e su come dovreste imparare a insegnare meglio. Non ho intenzione di rimproverarvi per il cattivo lavoro che stareste facendo né indicarvi come potrebbe essere sicuramente migliorato. Non è la mia intenzione.

In effetti, abbiamo studenti molto bravi che vengono a Caltech e nel corso degli anni li abbiamo trovati sempre migliori. Come mai ciò accada, non lo so. Mi chiedo se lo sappiate voi. Non voglio interferire con il sistema; è molto buono.

(*) Traduzione dell'articolo "What is science?" (Conferenza di Richard P. Feynman tenuta alla quindicesima riunione annuale della NSTA (National Science Teachers Association), 1966 a New York, e ristampata da *The Physics Teacher*, Vol. 7, numero 6, 1969, pp. 313-320 con l'autorizzazione dell'editore e dell'autore) a cura di Paolo Rossi, Dipartimento di Fisica, Università di Pisa.

Solo due giorni fa abbiamo tenuto una conferenza in cui abbiamo deciso che non dovevamo più tenere un corso di meccanica quantistica elementare nella scuola di specializzazione. Quando ero uno studente, non avevamo un corso di meccanica quantistica nemmeno nella scuola di specializzazione; era considerato un argomento troppo difficile. Quando ho iniziato a insegnare, ne avevamo uno. Attualmente lo insegniamo agli studenti universitari. Scopriamo ora che non abbiamo bisogno di tenere corsi di meccanica quantistica elementare per diplomati da altre scuole. Perché si rinuncia a questo insegnamento? Perché siamo in grado di insegnare meglio nell'università, e questo perché gli studenti che arrivano sono più preparati.

Cos'è la scienza? Certo che tutti voi dovete saperlo, se la insegnate. Questo è buon senso. Cosa posso dire? Se poi non lo sapete, l'edizione per insegnanti di ogni libro di testo offre una discussione completa sull'argomento. C'è qualche tipo di distillazione distorta di parole annacquate e confuse di Francis Bacon di alcuni secoli fa, parole che avrebbero dovuto essere la profonda filosofia della scienza. Ma uno dei più grandi scienziati sperimentali dell'epoca che stava davvero facendo qualcosa, William Harvey, disse che quello che Bacon aveva detto che fosse la scienza era la scienza che avrebbe fatto un Lord cancelliere. Bacon ha affermato di fare osservazioni, ma ha ommesso il fattore vitale del giudizio su cosa osservare e a cosa prestare attenzione.

E quindi ciò che la scienza è, non è quello che i filosofi hanno detto che è, e certamente non quello che dicono le edizioni per gli insegnanti. Che cosa sia la scienza è un problema che mi sono posto dopo che ho detto che avrei tenuto questo discorso. Dopo un po' mi è tornata in mente una poesiola:

Un millepiedi era felice, fino a quando un rospo per scherzo
Disse: "Per favore, quale gamba viene prima e quale dopo?"
Questo portò i suoi dubbi a un tale livello
Che cadde distratto nel fosso
Non sapendo come correre.

Per tutta la mia vita, ho fatto scienza e ho saputo di cosa si trattava, ma quello che sono venuto a dirvi —quale piede arriva prima e quale dopo— non sono capace di farlo, e inoltre temo, per analogia con la poesiola, che quando tornerò a casa non sarò più in grado di fare alcuna ricerca.

Ci sono stati molti tentativi da parte dei vari giornalisti per ottenere una sorta di sintesi di questo discorso; l'ho preparato solo poco tempo fa, quindi era impossibile; ma già me li vedo tutti correre ora a scrivere un titolo del tipo: "Il professore ha paragonato il presidente di NSTA a un rospo".

Data la difficoltà del soggetto e la mia antipatia per l'esposizione filosofica, lo presenterò in un modo molto insolito. Sto solo per dirvi come ho imparato cos'è la scienza.

È una cosa un po' infantile. L'ho imparato da bambino. L'ho avuto nel mio sangue fin dall'inizio. E vorrei dirvi come è accaduto. Sembra che io stia cercando di dirvi come insegnare, ma non è mia intenzione. Ho intenzione di dirvi che cos'è la scienza a partire da come ho imparato che cos'è la scienza.

Mio padre me lo ha insegnato. Quando mia madre mi stava portando in grembo, mi è stato riferito —non sono direttamente a conoscenza della conversazione— che mio padre disse che “se è un maschio, sarà uno scienziato”. Come ha fatto? Non mi ha mai detto che avrei dovuto essere uno scienziato. Mio padre non era uno scienziato; era un uomo d'affari, un direttore delle vendite di una compagnia di uniformi, ma leggeva di scienza e la amava.

Quando ero molto giovane —la prima storia che conosco— quando ancora mangiavo sul seggiolone, mio padre si mise a giocare con me dopo cena. Aveva portato un sacco di vecchie piastrelle rettangolari per il bagno prese da qualche parte a Long Island City. Le impilammo tutte quante, una dopo l'altra, e mi fu permesso di spingere l'ultima e veder crollare l'intera costruzione. Fin qui tutto bene.

Successivamente, il gioco migliorò. Le piastrelle erano di colori diversi. Dovevo metterne una bianca, due blu, una bianca, due blu e un'altra bianca e poi due blu —anche se avessi voluto metterne un'altra blu, doveva essere bianca. Riconoscete già la solita insidiosa astuzia; prima diletIAMOLO nel gioco, e poi lentamente iniettiamo materiale di valore educativo.

Bene, mia madre, che è una donna molto più sensibile, cominciò a capire l'insidiosità dei suoi sforzi e disse: “Mel, per favore lascia che il povero bambino metta una piastrella blu se vuole”. Mio padre disse: “No, voglio che presti attenzione agli schemi: è l'unica cosa che posso fare che sia matematica a questo livello”. Se stessi tenendo un discorso su “che cos'è la matematica”, avrei già risposto. La matematica è la ricerca di schemi. Il fatto è che questa educazione ha avuto un certo effetto: ne avemmo una prova sperimentale diretta, nel momento in cui arrivai all'asilo, facevamo tessitura a quei tempi, l'hanno tolta, è troppo difficile per i bambini. Intrecciavamo la carta colorata in strisce verticali seguendo schemi.

La maestra d'asilo era talmente stupita che mandò una lettera speciale a casa per riferire che il bambino era molto particolare perché sembrava essere in grado di capire in anticipo quale schema avrebbe ottenuto e creava schemi incredibilmente intricati, quindi il gioco delle tessere mi ha insegnato qualcosa.

Vorrei segnalare altre prove del fatto che la matematica consiste soltanto in schemi. Quando ero a Cornell, ero piuttosto affascinato dal corpo studentesco, che mi sembrava una miscela diluita di alcune persone sensibili in una grande massa di persone stupide che studiavano economia domestica, ecc., incluse molte ragazze. Mi sedevo in mensa con gli studenti e mangiavo e provavo ad ascoltare le loro conversazioni e a vedere se c'era qualche parola intelligente che veniva fuori. Potete immaginare la mia sorpresa quando accadde una cosa che mi parve straordinaria. Ascoltavo una conversazione tra due ragazze, e una stava spiegando che se vuoi fare una linea retta, vedi, vai fino a un certo numero a destra per ogni riga che sali —cioè, se vai avanti ogni volta della stessa quantità quando sali di una fila, fai una linea retta— un profondo principio di geometria analitica! Andò avanti. Ero piuttosto sorpreso. Non avevo immaginato che la mente femminile fosse in grado di comprendere la geometria analitica.

Continuò dicendo: “Supponiamo che tu abbia un'altra linea che arriva dall'altra parte, e vuoi capire dove si intersecheranno ... Supponi che su una linea tu vai avanti

di due a destra per ogni riga che sali, e l'altra linea va avanti di tre a destra ogni volta che si sale, e iniziano a venti passi di distanza," e così via —Rimasi sbalordito. Aveva capito dove si trovava l'incrocio. Risultò che una ragazza stava spiegando all'altra come realizzare calzini con motivi a losanga. Quindi imparai una lezione: la mente femminile è in grado di comprendere la geometria analitica. Quelle persone che per anni hanno insistito (nonostante tutte le evidenti prove del contrario) che il maschio e la femmina sono ugualmente capaci di pensare razionalmente potrebbero forse avere ragione. La difficoltà potrebbe risiedere semplicemente nel fatto che non abbiamo mai scoperto un modo per comunicare con la mente femminile. Agendo nel modo giusto, potreste essere in grado di ottenerne qualcosa.

Ora andrò avanti con la mia esperienza da giovane in matematica. Un'altra cosa che mio padre mi disse —e non riesco a spiegarlo bene, perché era più un'emozione che un'affermazione— era che il rapporto tra la circonferenza e il diametro di tutti i cerchi era sempre lo stesso, non importa quale fosse la dimensione. La cosa non mi sembrava troppo ovvia, ma il rapporto aveva proprietà meravigliose. Quello era un numero meraviglioso, un numero profondo, π (pi greco). C'era un mistero su questo numero che da giovane non capivo, ma questa era una gran cosa, e il risultato è stato che cercavo π dappertutto.

Quando imparavi a scuola a convertire le frazioni in decimali, e a fare $3 + 1/8$, scrissi 3.125 e, pensando di aver riconosciuto un amico, scrissi che era uguale a π , il rapporto tra circonferenza e diametro di un cerchio. L'insegnante corresse il valore a 3.1416.

Illustro queste cose per mostrare un'influenza. L'idea che ci sia un mistero, che ci sia una meraviglia in un numero era importante per me —non il numero in quanto tale. Molto più tardi, quando stavo facendo esperimenti in laboratorio —intendo il mio laboratorio domestico, giocherellando —no, scusate, non ho fatto esperimenti, non ne ho mai fatti; ho solo smanettato. A poco a poco, attraverso libri e manuali, ho iniziato a scoprire che c'erano delle formule applicabili all'elettricità in relazione alla corrente e alla resistenza, e così via. Un giorno, osservando le formule di un qualche libro, ho scoperto una formula per la frequenza di un circuito risonante, che era $f = (1/2\pi) (LC)^{(-1/2)}$, dove L è l'induttanza e C la capacità del ... cerchio? Ridete, ma ero molto serio allora: π aveva a che fare con i cerchi, ed ecco che π usciva da un circuito elettrico. Dov'era il cerchio? Quelli di voi che hanno riso sanno che cosa succede?

Devo amare la cosa. Devo cercarla. Ci devo pensare. E poi capii, ovviamente, che le bobine sono avvolte in cerchi. Circa un anno e mezzo dopo, trovai un altro libro che dava l'induttanza delle bobine rotonde e delle bobine quadrate, e c'erano altri π in quelle formule. Ricominciai a pensarci, e capii che il π non veniva dalle bobine circolari. Lo capisco meglio ora; ma nel mio cuore non so ancora dove sia quel cerchio, da dove viene quel π .

Quando ero ancora molto giovane —non so quanti anni avessi esattamente— avevo una palla in un carro che stavo tirando, e notai qualcosa, così corsi da mio padre per dirgli "quando tiro il carro, la palla corre in fondo, e quando corro con il carro e questo si ferma, la palla corre verso la parte anteriore. Perché?" Come rispondereste?

Mio padre disse “Questo non lo sa nessuno”. Disse: “Però è una cosa molto generale succede continuamente a qualsiasi cosa, tutto ciò che si muove tende a continuare a muoversi, tutto ciò che sta fermo cerca di mantenere quella condizione. Se guardi da vicino vedrai che la palla non corre in fondo al carro quando parti da fermo, ma si muove un po' in avanti, ma non così veloce come il carro: il retro del carro raggiunge la palla, che ha difficoltà a iniziare a muoversi. Si chiama inerzia, quel principio.” Corsi a controllare, e in effetti la palla non andava indietro. Mio padre evidenziò molto chiaramente la differenza tra ciò che sappiamo e ciò cui diamo un nome.

Riguardo a questo affare di nomi e parole, vorrei raccontarvi un'altra storia. Andavamo sui monti Catskill per le vacanze. A New York, vai sui monti Catskill per le vacanze. I poveri mariti dovevano andare a lavorare durante la settimana, ma sarebbero corsi a stare con le loro famiglie per i fine settimana. Nei fine settimana, mio padre mi portava a fare passeggiate nei boschi. Spesso mi portava a fare passeggiate e imparavamo tutto sulla natura e così via. Ma anche gli altri bambini, i miei amici, volevano venire e cercavano di convincere mio padre a portarli con sé. Però non li voleva, perché diceva che ero più avanti. Non sto cercando di dirvi come insegnare, perché quello che faceva mio padre era tenere una classe di un solo studente; se avesse avuto una classe di più di uno, sarebbe stato incapace di tenerla.

Così andavamo da soli a fare la nostra passeggiata nei boschi. Ma le madri avevano molto potere in quei giorni così come lo hanno adesso, e convinsero gli altri padri che dovevano portare i propri figli a fare passeggiate nei boschi. Quindi una domenica pomeriggio tutti i padri portarono tutti i figli a passeggiare nei boschi. Il giorno dopo, lunedì, stavamo giocando nei campi e un ragazzo mi disse: “Vedi quell'uccello che sta lì sul ceppo? Come si chiama?”

Dissi: “Non ho la minima idea”.

Disse: “È un tordo dalla gola bruna, tuo padre non ti insegna molto sulla scienza”.

Sorrisi tra me e me perché mio padre mi aveva già insegnato che il nome non mi dice nulla sull'uccello. Mi aveva insegnato “Vedi quell'uccello? È un tordo dalla gola bruna, ma in Germania si chiama halsenflugel, e in cinese lo chiamano un chung ling e anche se conosci tutti quei nomi non sai ancora nulla dell'uccello —tu sai solo qualcosa sulla gente, come chiamano quell'uccello. Ma il tordo canta e insegna ai suoi piccoli a volare e in estate vola a centinaia di chilometri di distanza attraverso tutto il paese, e nessuno sa come trovi la strada”, e così via. C'è una differenza tra il nome della cosa e quello che succede.

Il risultato è che non riesco a ricordare il nome di nessuno, e quando le persone discutono di fisica con me sono spesso esasperate quando dicono “l'effetto Fitz-Cronin”, e chiedo “Qual è l'effetto?” e non riesco a ricordare il nome.

Vorrei dire una parola o due —vorrei interrompere la mia piccola favola— su parole e definizioni, e sul perché è necessario imparare le parole. Non è scienza. Ciò non significa, solo perché non è scienza, che non dobbiamo insegnare le parole. Non stiamo parlando di cosa insegnare; stiamo parlando di cosa sia la scienza. Non è scienza sapere come cambiare gradi Centigradi in Fahrenheit. È necessario, ma non è esattamente scienza. Nello stesso senso, se tu parlassi di cosa sia l'arte, non diresti che l'arte è la consapevolezza del fatto che una matita 3-B è più morbida di una matita

2-H. C'è una differenza netta. Questo non significa che un insegnante d'arte non dovrebbe insegnarlo, o che un artista se la cava bene anche se non lo sa. (In realtà, puoi scoprirlo in un minuto provandolo, ma è un modo scientifico che gli insegnanti d'arte potrebbero non pensare di spiegare.)

Per parlarci, dobbiamo avere parole, e va bene. È una buona idea provare a vedere la differenza, ed è una buona cosa sapere quando stiamo insegnando gli strumenti della scienza, come le parole, e quando invece insegniamo la scienza stessa.

Per rendere ancora più chiaro il mio punto, sceglierò un certo libro scientifico da criticare in modo sfavorevole, il che è ingiusto, perché sono sicuro che con poco sforzo potrei trovare cose ugualmente sfavorevoli da dire sugli altri.

C'è un libro di scienze per la classe prima che, nella prima lezione del primo anno, inizia in modo sfortunato a insegnare la scienza, perché inizia con un'idea sbagliata di ciò che è la scienza. C'è una foto di un cane —un cane giocattolo a molla ricaricabile— e se si avvolge la molla il cane è in grado di muoversi. Sotto l'ultima immagine, c'è scritto "Che cosa lo fa muovere?" Più avanti, c'è una foto di un cane reale e la domanda: "Che cosa lo fa muovere?" Poi c'è la foto di una moto e la domanda: "Che cosa la fa muovere?" e così via.

All'inizio pensavo che gli autori si stessero preparando a dire di cosa si occupasse la scienza —fisica, biologia, chimica— ma non era così. La risposta era nell'edizione del libro per gli insegnanti: la risposta che stavo cercando di scoprire è che "l'energia li fa muovere".

Ora, l'energia è un concetto molto sottile. È molto, molto difficile definirla bene. Quello che intendevo è che non è facile capire l'energia abbastanza bene da usarla nel modo giusto, in modo che uno possa dedurre qualcosa correttamente usando l'idea di energia —è qualcosa che va ben oltre la classe prima. Andrebbe altrettanto bene dire che "Dio li fa muovere" o "lo spirito li fa muovere" o "la mobilità li fa muovere". (In effetti, si potrebbe anche dire "l'energia li fa fermare".)

Guardatela in questo modo: questa è solo una definizione di energia; il ragionamento dovrebbe essere invertito. Potremmo dire quando qualcosa può muoversi c'è in esso energia, ma non ciò che lo fa muovere è energia. Questa è una differenza molto sottile. È lo stesso con la definizione di inerzia.

Forse potrò rendere la differenza un po' più chiara in questo modo: se chiedi a un bambino cosa fa muovere il cane giocattolo, dovresti pensare a quello che un essere umano normale risponderebbe. La risposta è che hai caricato la molla; questa cerca di srotolarsi e fa girare gli ingranaggi.

Che bel modo di iniziare un corso di scienze! Smonta il giocattolo; vedi come funziona. Guarda la bellezza degli ingranaggi; nota i denti d'arresto. Impara qualcosa sul giocattolo, sul modo in cui il giocattolo è messo insieme, sull'ingegnosità delle persone che hanno escogitato i denti e il resto. Questa è una buona cosa. La domanda va bene. La risposta è un po' sfortunata, perché quello che stavano cercando di fare è insegnare una definizione di ciò che è energia. Ma non si è imparato nulla di ciò. Supponiamo che uno studente dicesse "Non credo che l'energia lo faccia muovere". Dove va a finire la discussione da lì?

Alla fine ho trovato un modo per verificare se avete insegnato un'idea o se avete solo insegnato una definizione. Fate la prova in questo modo: dite, "Senza usare la nuova parola che hai appena imparato, prova a riformulare nella tua lingua ciò che hai appena imparato. Senza usare la parola "energia", dimmi cosa sai ora del movimento del cane." Non puoi. Quindi non hai imparato nulla sulla scienza. Potrebbe andare bene ugualmente, potreste non voler imparare subito qualcosa sulla scienza, dovendo prima imparare le definizioni. Ma per la prima lezione, non è forse poco istruttivo?

Penso che per la lezione numero uno, imparare una formula mistica per rispondere alle domande sia una cosa pessima. Il libro ne ha altre: "la gravità lo fa cadere"; "le suole delle tue scarpe si consumano per l'attrito". La pelle della scarpa si consuma perché si sfrega contro il marciapiede e le piccole tacche e sporgenze del marciapiede ne acchiappano pezzetti e li staccano. Dire semplicemente che è a causa dell'attrito, è triste, perché non è scienza.

Mio padre si è occupato un po' dell'energia e ha usato il termine dopo che ne ho avuto un po' l'idea. Quello che avrebbe fatto lo so, perché in effetti fece essenzialmente la stessa cosa, anche se non con lo stesso esempio del cane giocattolo. Avrebbe detto: "Si muove perché il sole splende", se voleva dare la stessa lezione. E io avrei detto: "No. Cosa c'entra questo con il sole che splende? Si è mosso perché ho caricato la molla."

"E perché, amico mio, sei in grado di muoverti per caricare la molla?"

"Io mangio."

"Che cosa mangi, amico mio?"

"Mangio le piante".

"E come crescono?"

"Crescono perché splende il sole."

Ed è lo stesso con il cane vero.

Che mi dici della benzina? Energia accumulata del sole, che viene catturata dalle piante e conservata nel terreno. Altri esempi finiscono tutti con il sole. E quindi la stessa idea sul mondo a cui sta conducendo il nostro libro di testo è formulata in un modo molto eccitante. Tutte le cose che vediamo che si stanno muovendo, si stanno muovendo perché il sole splende. Spiega la relazione tra una fonte di energia e un'altra, e può essere negata dal bambino. Potrebbe dire: "Non penso che sia dovuto al sole che splende", e puoi iniziare una discussione. Quindi c'è una differenza. (Più tardi potrei sfidarlo con le maree, e cosa fa girare la terra, e avere di nuovo a disposizione il mistero.)

Questo è solo un esempio della differenza tra definizioni (che sono necessarie) e scienza. L'unica obiezione in questo caso particolare era che si trattasse della prima lezione. La risposta deve certamente venire più tardi, dicendoti che cos'è l'energia, ma non in seguito a una domanda così semplice come "Cosa fa muovere un cane giocattolo?" A un bambino dovrebbe essere data la risposta di un bambino. "Aprilo, guardiamolo dentro."

Durante quelle passeggiate nei boschi, ho imparato molto. Nel caso degli uccelli, per esempio, ho già menzionato la migrazione, ma vi darò un altro esempio di uccelli

nel bosco. Invece di nominarli, mio padre diceva: “Guarda, nota che l’uccello becca sempre le piume, becca molto nelle sue penne, perché pensi che becchi le penne?”

Immaginai che fosse perché le piume erano arruffate, e stava cercando di raddrizzarle. Disse: “Ok, quand’è che le piume si arruffano, o come mai si arruffano?”

“Quando vola. Quando se ne va in giro, tutto bene, ma quando vola si arruffano le penne”.

Poi avrebbe detto: “Immagino quindi che quando l’uccello è appena atterrato, dovrà beccarsi più le piume che dopo averle raddrizzate e aver camminato per terra per un po’. Ok, diamo un’occhiata.”

Quindi guardammo, e guardammo, e scoprimmo, per quanto si poteva capire, che l’uccello si beccava le penne tanto e tanto spesso anche dopo aver camminato a terra per un po’ e non solo direttamente dopo il volo. Quindi la mia ipotesi era sbagliata e non potevo indovinare la ragione giusta. Mio padre mi rivelò la vera ragione. È che gli uccelli hanno i pidocchi. C’è un piccolo fiocco che si stacca dalla piuma, mio padre mi insegnò, roba che si può mangiare e il pidocchio lo mangia. E poi c’è un po’ di cera nelle giunture tra le sezioni della gamba che esce fuori, e c’è un acaro che vive lì dentro che può mangiare quella cera. Ora l’acaro ha una buona fonte di cibo che non digerisce troppo bene, quindi dalla sua parte posteriore esce un liquido che ha troppo zucchero, e in quello zucchero vive una piccola creatura, ecc.

I fatti non sono corretti; lo spirito è corretto. In primo luogo, imparai a conoscere il parassitismo, uno sull’altro, sull’altro, sull’altro. Mio padre poi continuò dicendo che nel mondo ogni volta che c’è una fonte di qualcosa che potrebbe essere mangiato per far funzionare la vita, una qualche forma di vita trova un modo per fare uso di quella fonte; e che ogni pezzetto di materiale rimasto viene mangiato da qualcosa.

Ora il punto è che il risultato dell’osservazione, anche se non sono riuscito a giungere alla conclusione definitiva, è stato un meraviglioso frammento d’oro, con risultati meravigliosi. Era qualcosa di meraviglioso.

Supponiamo che mi sia stato detto di osservare, di fare una lista, di scrivere, e per far ciò di osservare, e dopo che ho scritto la mia lista questa è stata archiviata con altre 130 liste sul retro di un quaderno. Imparerai che il risultato dell’osservazione è relativamente noioso, che non ne esce molto.

Penso che sia molto importante —almeno per me— che se stai per insegnare alle persone a fare osservazioni, dovresti mostrare che qualcosa di meraviglioso può venirne fuori. Ho imparato allora che cosa richiedeva la scienza: era la pazienza. Se hai guardato, e hai guardato, e hai prestato attenzione, hai ottenuto una grande ricompensa —anche se forse non sempre. Di conseguenza, quando diventai un uomo maturo, stetti diligentemente, ora dopo ora, per anni, lavorando sui problemi —a volte per molti anni, a volte per tempi più brevi; fallendo in molti casi, con molto lavoro che finiva nel cestino della carta straccia —ma ogni tanto c’era l’oro di una nuova comprensione che avevo imparato ad aspettarmi da bambino, il risultato dell’osservazione. Perché non avevo imparato che l’osservazione non valesse la pena.

Per inciso, nella foresta imparammo altre cose. Andavamo a fare passeggiate e vedevamo tutte le cose normali, e parlavamo di molte cose: delle piante in crescita, della lotta degli alberi per la luce, di come cercano di arrivare il più in alto possibile

e di risolvere il problema di ottenere acqua più in alto di 35 o 40 piedi, delle piccole piante sul terreno che cercano i piccoli frammenti di luce che attraversano tutta quella vegetazione, e così via.

Un giorno, dopo aver visto tutto questo, mio padre mi portò di nuovo nella foresta e disse: “In tutto questo tempo in cui abbiamo osservato la foresta abbiamo visto solo metà di quello che sta succedendo, esattamente la metà”.

Dissi: “Che cosa intendi?”

Disse: “Abbiamo osservato come tutte queste cose crescono, ma per ogni pezzetto di crescita, ci deve essere la stessa quantità di decadimento —altrimenti, i materiali sarebbero consumati per sempre: alberi morti giacerebbero lì, avendo esaurito tutta la materia prima dall'aria e dalla terra, e nulla tornerebbe nel terreno o nell'aria, quindi nient'altro potrebbe crescere perché non ci sarebbe materiale disponibile. Ci deve essere per ogni pezzetto di crescita esattamente la stessa quantità di decadimento”.

Seguirono poi molte passeggiate nei boschi durante i quali spezzammo vecchi ceppi, vedemmo crescere funghi e muffe; non poteva mostrarmi batteri, ma ne vedemmo gli effetti demolitori e così via. Vidi la foresta come un processo di costante rotazione dei materiali.

Ci furono molte cose simili, descrizioni di cose fatte in modi strani. Cominciava spesso a parlare delle cose in questo modo: “Supponiamo che un uomo di Marte debba scendere a esaminare il mondo”. Per esempio, quando giocavo con i miei treni elettrici, mi disse che c'è una grande ruota che viene girata dall'acqua che è collegata da filamenti di rame, che si espandono e si espandono in tutte le direzioni; e poi ci sono delle piccole ruote e tutte quelle piccole ruote girano quando ruota la grande ruota. La relazione tra loro è solo che c'è rame e ferro, nient'altro —niente parti mobili. Giri una ruota qui, e tutte le piccole ruote girano dappertutto, e il tuo treno è uno di loro. Era un mondo meraviglioso quello di cui mi parlava mio padre.

Potreste chiedervi che cosa ne ha ricavato. Sono andato al MIT. Sono andato a Princeton. Sono tornato a casa e lui ha detto: “Ora hai una formazione scientifica, ho sempre voluto sapere qualcosa che non ho mai capito, e quindi, figlio mio, voglio che tu me lo spieghi”. Ho detto di sì.

Disse: “Capisco che dicono che la luce viene emessa da un atomo quando passa da uno stato a un altro, da uno stato eccitato a uno stato di energia inferiore.” Risposi: “È vero.” “E la luce è una specie di particella, un fotone, penso che lo chiamino.” “Sì.”

“Quindi se il fotone esce dall'atomo quando passa dallo stato eccitato a quello inferiore, il fotone deve essere stato nell'atomo nello stato eccitato.” Replicai: “Beh, no”.

Ha detto, “Beh, come credi che si possa pensare a un fotone particellare che vien fuori senza che sia stato già lì nello stato eccitato?”

Ho pensato alcuni minuti e ho detto: “Mi dispiace, non lo so, non posso spiegartelo”.

Era molto deluso, dopo tutti quegli anni di tentativi di insegnarmi qualcosa, che io fossi venuto fuori con risultati così miseri.

Che cosa sia la scienza, io penso potrebbe essere qualcosa del genere: ci fu su questo pianeta un'evoluzione della vita fino a uno stadio in cui c'erano animali evoluti e intelligenti. Non intendo solo esseri umani, ma animali che giocano e che possono imparare qualcosa dall'esperienza —come i gatti. Ma in questa fase ogni animale doveva imparare dalla propria esperienza. Questi esseri si svilupparono gradualmente, fino a quando alcuni animali (i primati) furono capaci di imparare dall'esperienza più rapidamente e persino di apprendere dall'esperienza di un'altro guardando, e uno poteva mostrare all'altro, o vedere ciò che l'altro aveva fatto. Quindi si arrivò alla possibilità che tutti potessero apprendere, ma la trasmissione era inefficiente e si moriva, e forse anche colui che aveva imparato moriva prima di poter trasmettere agli altri ciò che aveva imparato.

La domanda è: è possibile imparare ciò che qualcuno ha imparato da un incidente più rapidamente della velocità con cui la cosa viene dimenticata, sia a causa della cattiva memoria sia a causa della morte dello scopritore o di chi ha appreso?

Quindi, ci fu forse un tempo in cui, per alcune specie, il ritmo con cui aumentava l'apprendimento raggiunse un tale livello per cui improvvisamente accadde una cosa completamente nuova: le cose potevano essere apprese da un singolo animale, passate a un altro e a un altro ancora abbastanza velocemente da non essere perse per la specie.

Così è diventato possibile un accumulo di conoscenza della specie.

Questo è stato definito *legare-nel-tempo*. Non so chi l'abbia chiamato così per primo. Ad ogni modo, abbiamo qui alcuni campioni di quegli animali, seduti qui che cercano di legare un'esperienza a un'altra, ognuno cercando di imparare dall'altro.

Questo fenomeno di avere un ricordo per la specie, di avere una conoscenza accumulabile e passabile da una generazione all'altra, era nuovo nel mondo —ma vi era contenuto un morbo: era possibile trasmettere idee che non erano convenienti per la specie. La specie ha idee, ma non sono necessariamente convenienti.

Quindi arrivò un momento in cui le idee, benché accumulate molto lentamente, erano tutte accumulazioni non solo di cose pratiche e utili, ma grandi accumulazioni di ogni tipo di pregiudizio, e strane e bizzarre credenze.

Quindi è stato scoperto un modo per evitare la malattia. Consiste nel dubitare che ciò che viene passato dal passato sia di fatto vero, e cercare di scoprire di nuovo *ab initio* dall'esperienza quale sia la situazione, piuttosto che fidarsi dell'esperienza del passato nella forma in cui viene tramandata. E questo è ciò che è la scienza: il risultato della scoperta che vale la pena ricontrollare con una nuova esperienza diretta, non necessariamente fidandosi dell'esperienza della specie nel passato. La vedo così. Questa è la mia migliore definizione.

Vorrei ricordare a tutti cose che conoscete molto bene per darvi un po' di entusiasmo. Nella religione, le lezioni morali vengono insegnate, ma non vengono insegnate solo una volta, ma vi sono instillate più e più volte, e penso che sia necessario instillare più e più volte e ricordare il valore della scienza ai bambini, agli adulti e tutti gli altri, in diversi modi; non solo perché diventeremmo cittadini migliori, più capaci di controllare la natura e così via. Ci sono altre cose. C'è il valore della visione del mondo creata dalla scienza. C'è la bellezza e la meraviglia del mondo che si scopre

attraverso i risultati di queste nuove esperienze. Vale a dire, le meraviglie di ciò che vi ho appena ricordato; che le cose si muovono perché splende il sole. (Eppure, non tutto si muove perché splende il sole. La terra ruota indipendentemente dal sole che splende, e la reazione nucleare ha recentemente prodotto una nuova fonte di energia sulla Terra. Probabilmente i vulcani sono generalmente animati da una fonte diversa dal sole splendente.)

Il mondo sembra così diverso dopo aver appreso la scienza. Ad esempio, gli alberi sono fatti di aria, principalmente. Quando sono bruciati, tornano all'aria, e nel calore fiammeggiante viene rilasciato il calore fiammeggiante del sole che era destinato a convertire l'aria in albero, e nella cenere è il piccolo resto della parte che non è venuta dall'aria che proveniva dalla terra solida, invece. Queste sono cose belle e il contenuto della scienza è meravigliosamente pieno di esse. Sono molto stimolanti e possono essere usate per ispirare gli altri.

Un'altra delle qualità della scienza è che insegna il valore del pensiero razionale così come l'importanza della libertà di pensiero; i risultati positivi che derivano dal dubitare che le lezioni siano tutte vere. Qui devi distinguere —specialmente nell'insegnamento— la scienza dalle forme o procedure che a volte vengono usate nello sviluppo della scienza. È facile dire: “Scriviamo, sperimentiamo e osserviamo, e facciamo questo o quello”. Puoi copiare esattamente quel modulo. Ma le grandi religioni si sono guastate seguendo la forma senza ricordare il contenuto diretto dell'insegnamento dei grandi leader. Allo stesso modo, è possibile seguire la forma e chiamarla scienza, ma questa è pseudo-scienza. In questo modo, tutti noi soffriamo del tipo di tirannia che abbiamo oggi nelle molte istituzioni che sono passate sotto l'influenza di consiglieri pseudoscientifici.

Abbiamo molti studi nell'insegnamento, per esempio, in cui le persone fanno osservazioni, fanno liste, fanno statistiche e così via, ma queste non diventano in tal modo una scienza consolidata, una conoscenza consolidata. Sono solo una forma di scienza imitativa analoga agli aeroporti degli abitanti delle isole della Polinesia —con le torri radio, ecc., Fatte di legno. Gli isolani si aspettano che arrivi un grande aeroplano. Costruiscono persino aeroplani di legno della stessa forma che vedono negli aeroporti degli stranieri che li circondano, ma, stranamente, i loro aeroplani di legno non volano. Il risultato di questa imitazione pseudoscientifica è di produrre esperti, come molti di voi. Voi insegnanti, che state davvero insegnando ai bambini al primo livello, potete forse dubitare degli esperti. In effetti, posso anche definire la scienza in un altro modo: la scienza è la fede nell'ignoranza degli esperti.

Quando qualcuno dice: “La scienza insegna così e così”, sta usando la parola in modo errato. La scienza non insegna nulla; l'esperienza lo insegna. Se ti dicono: “La scienza ha dimostrato questo e quello”, potresti chiedere: “Come lo dimostra la scienza? Come l'hanno scoperto gli scienziati? Come? Che cosa? Dove?” Non dovrebbe essere “la scienza ha mostrato” ma “questo esperimento, questo effetto, ha dimostrato”. E avete tanto diritto quanto chiunque altro, dopo aver sentito descrivere gli esperimenti —ma siate pazienti e ascoltate tutte le prove— di giudicare se una conclusione ragionevole è stata raggiunta.

In un campo così complicato che la vera scienza non è stata ancora in grado di arrivare da nessuna parte, dobbiamo fare affidamento su una sorta di saggezza antiquata, una sorta di definita chiarezza. Sto cercando di convincere l'insegnante primario ad avere un po' di speranza e un po' di fiducia in se stesso, nel senso comune e nell'intelligenza naturale. Gli esperti che vi stanno guidando potrebbero avere torto.

Probabilmente ho rovinato il sistema, e gli studenti che stanno entrando in Caltech non saranno più così validi. Penso che viviamo in un'epoca non scientifica in cui quasi tutti i messaggi delle comunicazioni e della televisione — parole, libri, ecc. — non sono scientifici. Di conseguenza, c'è una considerevole quantità di tirannia intellettuale in nome della scienza. Infine, riguardo a questo legame-nel-tempo, un uomo non può vivere oltre la tomba. Ogni generazione che scopre qualcosa dalla sua esperienza deve trasmetterla, ma deve trasmetterla con un delicato equilibrio di rispetto e mancanza di rispetto, così che la specie — ora che è consapevole della malattia di cui è responsabile — non infligga troppo rigidamente i propri errori alla sua gioventù, ma trasmetta la saggezza accumulata, più la saggezza che potrebbe non essere saggezza. È necessario insegnare sia ad accettare che a rifiutare il passato con una sorta di equilibrio che richiede notevole abilità. Solo la scienza contiene in sé la lezione del pericolo di credere nell'infallibilità dei più grandi maestri della generazione precedente. Quindi andiamo avanti.

Grazie.