



Università degli Studi di Palermo
Facoltà di Ingegneria



Università degli Studi di Palermo
Facoltà di Scienze di Scienze
Matematiche Fisiche e Naturali



Collegio
Universitario

Dipartimento di Fisica e Tecnologie Relative

Dipartimento di Scienze Fisiche e Astronomiche

CICLO DI SEMINARI DI FISICA INTERDISCIPLINARE: COMPRENDERE LA COMPLESSITÀ

Dodicesimo Seminario – Seminario di chiusura

28 maggio 2009

LA NATURA DELLA SCIENZA E IL SUO INSEGNAMENTO: LA COMPLESSITÀ DEL PROCEDERE SCIENTIFICO¹ DOTT. FABIO F. G. CALABRESE²

Aula magna - Dipartimento di Fisica e Tecnologie Relative - ore 18,00

INTRODUZIONE ALLA NATURA DELLA SCIENZA

Negli ultimi venti anni circa si è risvegliato un generale interesse per l'insegnamento di cosa è la scienza come attività: non solo quali sono i suoi contenuti, ma anche quali i metodi, come procede storicamente, come si relaziona con la società, la tecnologia, ecc. Ci riferiremo a questo campo di studi come *Natura della Scienza*.

Se l'interesse educativo in questo campo è piuttosto giovane, lo studio della scienza in prospettiva storica e soprattutto filosofica accompagna tutto il percorso della scienza moderna. Non ci occuperemo purtroppo qui per ragioni di tempo dell'affascinante campo della scienza antica e medievale. Una cosa spesso citata è che al principio della scienza moderna, e per un bel tratto, gli scienziati definivano se stessi *filosofi naturali*.

¹ Il presente testo è fornito ai partecipanti al seminario ed è indicativo del contenuto del seminario. Al seminario seguirà la pubblicazione di un articolo in inglese, con referenze bibliografiche negli Atti del ciclo di seminari, supplemento alla rivista gratuita on-line *Quaderni di Ricerca in Didattica* <http://math.unipa.it/~grim/menuquad.htm>

² Dipartimento di Metodi e Modelli Matematici. Università degli studi di Palermo.
fabio.calabrese@difter.unipa.it

Il fatto è che malgrado più di quattro secoli di vita in questo campo, secondo un modo di procedere che è proprio delle scienze umane, non si è raggiunto un punto di vista unanimemente condiviso. Amo pensare che questa sia una ricchezza, che oltre a permettere di contrastare le tendenze al dogmatismo, chiede l'impegno personale a una presa di posizione consapevole. Come ben sa chi mi conosce appartengo a quella tradizione che nasce con Aristotele, che ritiene che punti di vista differenti, possano fornire descrizioni irriducibili e altrettanto vere di una stessa realtà, che è strutturalmente ricca e complessa. Il riduzionismo o l'ideologia sono spesso conseguenza di una visione, magari giusta, ma unilaterale, di un solo aspetto della realtà. In generale ritengo che la storia, la filosofia, la sociologia e anche la psicologia abbiano da dare un loro contributo specifico alla comprensione di cosa sia la scienza, e che ognuno di questi contributi abbia una autonomia di metodi e linguaggi che contribuisce alla comprensione della scienza nel suo complesso.

Già, ma tornando all'insegnamento se c'è poco tempo per insegnare la scienza, figuriamoci la "Natura della Scienza" se neanche c'è accordo su cosa sia! Certo. Il fatto è comunque che esistono molti aspetti che sono condivisi sia dalla comunità di studiosi che dai documenti di indirizzo dei curricula di insegnamento internazionali. La cosa interessante è che questi temi sono largamente assenti dai libri di testo e fino a poco tempo fa dalla formazione degli insegnanti. Sono assenti in generale nel modo in cui la scienza viene comunicata: non c'è da stupirsi che non raggiungano quel "cittadino consapevole", che è l'obiettivo formativo dichiarato.

Passiamo al concreto: per avere una idea dei temi di cui parlo potete pensare al questionario cui vi ho chiesto di rispondere in occasione del primo seminario, il 5 marzo. Se è vero, come vi ho detto in quella occasione, che non c'è in generale una concezione della natura della scienza giusta e una sbagliata, vi sono però alcuni elementi che compongono un mosaico ricco e credibile alla luce delle nostre attuali conoscenze o viceversa elementi che descrivono male la realtà, troppo parziali, o anche semplicemente errati.

RISULTATO DEI QUESTIONARI

Occupiamoci allora dei questionari sia come una traccia che permette di accennare ad alcuni temi della Natura della Scienza, sia come uno strumento che permette di conoscere quali sono le concezioni che avete voi di questi temi.

Passiamo in rassegna le risposte considerando solo le percentuali complessive relative a ogni risposta raccolta; trovate il questionario in allegato. Nella discussione sommeremo per semplicità le percentuali relative ad "Accordo" e "Forte accordo" da un lato, e "Disaccordo" e "Forte disaccordo" dall'altro; la somma delle due percentuali non farà cento perché la restante parte contempla le risposte incerte o non date. Sottolineo subito che questa è una analisi superficiale, perché non entra nel merito della concezione complessiva di ciascuno di voi individualmente; consideriamo questi dati solo uno spunto di riflessione.

Domanda 1: *Quando sorgono due teorie differenti per spiegare lo stesso fenomeno (es. fossili di dinosauro), gli scienziati accetteranno le due teorie contemporaneamente?*

In generale ritenete che gli scienziati *accetteranno contemporaneamente* due teorie differenti che sorgono per spiegare lo stesso fenomeno. Non è ben chiaro però in che senso, perché da un lato il 51% (contro il 35%) afferma che questo accade perché all'inizio non si è in grado di stabilire qual è la migliore, ma d'altro canto il 57% (contro il 33%) afferma subito dopo che questo accade perché due teorie possono spiegare i fenomeni da punti di vista differenti, non ce n'è una giusta e una sbagliata. Le opzioni non sono logicamente alternative, ma la questione della coerenza andrebbe indagata ulteriormente.

Il disaccordo all'opzione che le due teorie non sono accettate contemporaneamente è siglato dal fatto che respingete una scelta fra le due teorie basata sulla differenza rispetto al nucleo delle teorie esistenti (54% contro 19%), o sulla familiarità dello scienziato con tali teorie (ben 70% contro il 16%), o basata sull'intuizione (64% contro l'11%), o sull'importanza dello scienziato (67% contro 12%) o infine, sorprendentemente, basata sulla semplicità della teoria con un plebiscitario 91% contro 1%. Questo credo che più che altro un fraintendimento, perché è abbastanza chiaro che se ci sono due teorie equivalenti e una è complicata e l'altra è semplice si sceglierà la semplice. Il senso non era che lo scienziato rifugge dalle complicazioni, ma che rifugge dalle complicazioni inutili.

Domanda 2: *Le indagini scientifiche sono influenzate da valori socio-culturali (es. tendenze, valori).*

Alla domanda se le indagini scientifiche sono influenzate da valori socio-culturali avete complessivamente risposto sì (59% contro il 29% della prima domanda) e no (62% contro il 21% sulle altre due). Dal quadro generale sembra che riconosciate un ruolo ai valori socio-culturali che però non è condizionante (2.C) e che è subordinato in qualche modo alla necessità dell'oggettività scientifica (2.D).

Domanda 3: *Quando gli scienziati conducono una ricerca scientifica, usano la loro immaginazione?*

Per quanto riguarda invece l'immaginazione vi pronunziate abbastanza chiaramente a favore del suo ruolo nella scienza (50% contro il 32% sulle cinque domande) e in particolare della sua compatibilità con i suoi principi logici (54% contro il 32%).

Domanda 4: *Anche quando le indagini scientifiche sono condotte correttamente, le teorie proposte possono sempre essere confutate nel futuro.*

Per quanto concerne invece l'evoluzione delle teorie, da un lato considerate i cambiamenti rivoluzionari con *teorie nuove che rimpiazzano le vecchie* (51% contro il 27%) dall'altro lato ritenete che la *vecchia teoria è mantenuta*, per accrescimento (56% contro 18%) o per miglioramento (65% contro 19%).

Non mi voglio soffermare oltre a considerare queste risposte, alcune sembrano equilibrate come la 2 e la 3, altre condurrebbero in direzioni che non posso esplorare nei limiti di questo seminario.

Domande 5-7 Leggi e Teorie:

7) Le teorie hanno una base più ristretta di prove a sostegno rispetto alle leggi.

Inizio dalla domanda n.7 perché le domande non presentano un ordine logico, e la lettura di tali risposte facilita la comprensione della 5 e 6.

Dalle risposte emerge decisamente che secondo voi le teorie che acquistano un supporto di prove sempre maggiore, alla fine diventano leggi (75% contro il 7%) e che le teorie sono meno definite delle leggi (60% contro il 21%). Coerentemente le affermazioni *C.*: che alcune teorie sono invece più supportate e *D.*: che i due concetti non sono confrontabili vi vedono moderatamente contrari o neutrali-indecisi (39% contrari, 42% neutrali e 19% favorevoli per la prima, 37%, 40% e 23% per la seconda).

Questo è un esempio di concezione estremamente diffusa che è considerata inadeguata non solo da chi si occupa di natura della scienza ma anche dagli stessi scienziati e comunicatori scientifici, ce ne occuperemo fra poco.

*5) La **teoria scientifica** - e - 6) La **legge scientifica** - sono "scoperte" o "inventate" dagli scienziati a partire dal mondo naturale?*

La vostra opinione è chiaramente quella che leggi e teorie vengono *scoperte* dagli scienziati. Coerentemente con la vostra concezione che le leggi sono più definite delle teorie questa affermazione è più netta per le prime (83% e 85% contro 11% e 5%) che per le seconde (57% e 73% contro 19% e 13%). Anche su questo tema mi soffermerò fra poco.

Domanda 8: *Le osservazioni degli scienziati sono influenzate da convinzioni personali (es. esperienze personali, supposizioni); quindi può darsi che scienziati diversi non facciano le stesse osservazioni nello stesso esperimento.*

Per iniziare riconoscete che le convinzioni personali creano aspettative che possono influenzare le osservazioni (57% contro 27%), per concludere però pensate che le osservazioni siano le stesse grazie ai metodi di oggettivazione della scienza (73% contro 13%).

E' una posizione abbastanza equilibrata, in linea con la domanda 2, non mi soffermerò oltre.

Domanda 9: *La maggior parte degli scienziati segue passo passo il metodo scientifico **universale** nel fare ricerca (cioè: fare un'ipotesi, progettare un esperimento, raccogliere i dati e trarre conclusioni).*

Le risposte in questo caso sono indiscutibilmente, dichiaratamente a favore dell'esistenza di un metodo scientifico universale, metodo che garantisce risultati validi logici e accurati (78% contro solo il 9% per la prima, coerentemente le altre). Anche questa è una posizione inadeguata, come abbiamo detto per la domanda 7, vedremo subito perché.

CONSIDERAZIONI SU ALCUNI TEMI

Vorrei infatti adesso commentare alcuni aspetti che sono emersi che mi sembrano di particolare interesse. Naturalmente non è possibile commentare adeguatamente tutti i vari aspetti sollevati dal questionario e dalle vostre risposte, servirebbe un corso per farlo, vorrei solo puntare l'attenzione su alcuni aspetti, cominciando dal metodo scientifico.

Il metodo scientifico

Per quanto riguarda l'esistenza di un metodo scientifico universale l'accordo degli studiosi è unanime: la storia della scienza insegna che le cose non stanno così, gli scienziati hanno usato una molteplicità di metodi articolati in un modo estremamente vario, spesso tutti quei metodi che persone intelligenti e di buon senso adottano per risolvere i problemi che sorgono all'interno della professione o nella vita di ogni giorno. Facevo ad esempio con una amica giornalista un riscontro puntuale sui metodi del buon giornalismo: scelta dei fatti da descrivere, qualità delle fonti, descrizione, interpretazione, raccolta di materiale a supporto dell'interpretazione ecc.

Leggi e Teorie

Torniamo adesso a considerare leggi e teorie della domanda 7. La definizione generalmente accettata di legge scientifica è quella di generalizzazione, principi o schemi che vengono indotti da fatti noti, come ad esempio la legge di gravitazione citata ad esempio nel questionario, o la legge di Ohm. La legge descrive più o meno bene un determinato campo di fenomeni e nuovi dati possono venire solo a definire meglio gli ambiti di validità della legge. Così ad esempio l'ambito di validità delle leggi del moto di Newton è stato limitato da Einstein alle velocità piccole rispetto alla velocità della luce. Le leggi sono un contenuto abbastanza stabile nella storia della scienza.

La definizione accettata di teoria è invece quella di *spiegazione* di queste generalizzazioni, come esempi di teoria erano riportati nel questionario: la selezione naturale e la teoria atomica. Nella teoria vi sono quindi elementi inosservabili (nel senso di una osservazione empirica), i "perché" dei fenomeni. Con una dicitura che fa molto innervosire gli scienziati, i filosofi dicono che le teorie hanno un contenuto metafisico. Naturalmente questa dicitura non è un'offesa, e ha il vantaggio di fare riflettere sul fatto che ci sono contenuti inosservabili nella teoria. Anche la legge generalizza a partire da alcuni fatti noti e non può mai essere provata in un numero finito di casi, ma la teoria introduce strutturalmente grandezze inosservabili; ad esempio, per restare nella fisica classica, dire che la traiettoria di una carica è determinata da un certo campo elettromagnetico è una affermazione inosservabile, perché le osservabili sono le traiettorie, mai i campi: l'elettrodinamica classica è una teoria, una eccellente teoria³.

³ La questione è naturalmente molto più complessa e articolata di quanto i limiti di questo seminario ci consentano di esplorare, questo vale d'altro canto per l'intero contenuto di questo e degli altri seminari, che hanno l'unico scopo di introdurre a un determinato campo di ricerca.

Da quanto detto si capisce quindi che possano esistere teorie diverse che descrivono altrettanto bene alcuni fenomeni comuni (anche se poi magari ne descrivono altri in ambiti distinti). Questo fa sì che le teorie siano una realtà meno stabile delle leggi, fenomeni nuovi possono portare ad una revisione totale delle spiegazioni date. Un esempio estremo di tale evento si ha confrontando il rigoroso determinismo della fisica classica con l'altrettanto rigorosa causalità su base probabilistica della meccanica quantistica.

Scoperta o invenzione?

Questa domanda propone la classica alternativa che potremmo indicare come realista o idealista. La prima alternativa presume un mondo oggettivamente esistente con le sue leggi, indipendenti dall'uomo che conosce; questo mondo viene soltanto recepito dal soggetto (conoscenza per corrispondenza). L'alternativa idealista invece mette al centro il soggetto e nega una realtà indipendente ai fenomeni. Esiste poi anche qui una posizione intermedia, chiaramente espressa da Tommaso d'Aquino, di conoscenza come incontro fra soggetto e oggetto, o più precisamente di adeguamento fra realtà e intelletto.

L'opzione realista, nella forma che conferisce realtà alle entità astratte delle teorie scientifiche è comunemente indicata come realismo scientifico. Questa è la posizione dominante in ambito scientifico, ma anche in altri ambiti, come questo questionario indica. Naturalmente non posso qui neanche accennare alle questioni filosofiche che sorgono, dico solo che il realismo scientifico non è l'unica opzione e forse nemmeno la più fondata. Per fare un esempio a noi più vicino, considerate che la meccanica quantistica, di cui avete sentito ripetutamente parlare nei seminari precedenti, prevede proprio che lo stato di un sistema sia definito solo *dopo* che sia stato misurato. Misurato o conosciuto naturalmente non è la stessa cosa, e il dibattito è ancora aperto...

Questa questione si lega immediatamente ad un'altra, quella relativa a realismo e strumentalismo.

Realismo e Strumentalismo

Permettetemi di cominciare a parlare di questo, partendo da un fatto personale. Mi capita ogni tanto di punzecchiare amici fisici con argomenti di questo tenore: tu credi che gli elettroni esistano realmente? Naturalmente tutti i fisici ci credono, ma siccome il malcapitato si comincia a insospettire risponde in genere in forma debole con qualcosa del tipo "Esiste una cosa del mondo reale che corrisponde all'elettrone della teoria". "Già", dico io, e proseguo: "però le teorie cambiano nel tempo; paradossalmente potrei dire a un Boltzmann redivivo che gli atomi non esistono, infatti con questo termine lui intende e usa degli oggetti materiali rigidi. Si è conservato il nome per continuità storica ma il senso è cambiato radicalmente. Quello che è vero è che se noi costruiamo degli strumenti in un certo modo vediamo delle immagini localizzate, che se usiamo contatori sentiamo dei "click" e non un rumore continuo, ecc. Queste realtà discrete indicate in queste leggi osservative resteranno presumibilmente vere per sempre: non abbiamo nessuna notizia a oggi di variabilità nel tempo delle leggi fisiche. Ma tutta la teoria atomica e presumibilmente la stessa meccanica quantistica cambieranno in futuro, e non solo nel senso di una maggiore precisione: cambierà il nostro modo di *concepire* quelle realtà descritte

dalla teoria. Pensa a una possibile futura unificazione della gravità con le altre interazioni: gli oggetti che descriviamo ora come particelle elementari faranno l'effetto del modello di atomo a panettone di Thomson: non affezioniamoci troppo alle teorie, non crediamoci più di tanto..." .

In realtà non riesco mai a finire il discorso. Questo naturalmente è dovuto al fatto che sono veramente pedante. Fatto sta che mi si interrompe dicendo: "A me non importa che la teoria sia vera, mi importa che funzioni, che descriva, che preveda cose che posso misurare", e così via.

Questa secondo me l'essenza della contrapposizione realismo-strumentalismo. In teoria gli scienziati sono strumentalisti, in pratica tutti credono che le concezioni teoriche che maneggiano sono reali.

CONCLUSIONI

Perché vi ho raccontato queste cose? Perché mi interesso di questi argomenti? In prima battuta perché ho un atteggiamento scientifico e credo che la scienza stessa possa essere oggetto di indagine scientifica. Questo è un interesse conoscitivo, valido di per sé. Ma c'è altro. Sono convinto che gran parte delle tendenze irrazionalistiche che vediamo ogni giorno nella società, ma anche del calo di iscritti ai corsi di laurea scientifici degli ultimi decenni, nascono spesso dal rifiuto di una concezione dogmatica della scienza. Questa concezione come abbiamo visto è spesso alimentata dagli stessi scienziati, dai media, dagli insegnanti. Il problema è che siamo tutti chiamati a decidere su questioni di rilevanza planetaria: il cambiamento climatico, la ricerca genetica, il nucleare, sono esempi di questioni scientifiche in cui direttamente o indirettamente la società tutta è chiamata a rispondere.

Che si può fare? può il cittadino diventare esperto in queste branche? No, naturalmente, ma come dice Cini, il cittadino può interpellare lo scienziato sui *metodi* con cui lavora e ottiene dei risultati, sui *presupposti* su cui sono basati; l'ingegnere può riflettere sul metodo e sui presupposti che sono serviti a ottenere quei risultati della scienza, quei risultati che sono le regole del gioco con cui si confronta creativamente nel suo lavoro. Mettere in chiaro i presupposti, acquisire un taglio critico, non di critica, nei confronti della scienza non è combattere la scienza, è acquisire un atteggiamento realmente scientifico. L'ingegnere, il cittadino, non possono e non devono diventare scienziati, non ha senso, ma se riusciranno ad aprire un dibattito con gli scienziati, un confronto cosciente con i fatti e con le idee della scienza, spassionato, lucido, razionale, avranno colto il più importante e duraturo contributo della scienza al mondo, e attraverso questo avranno uno strumento efficace per affrontare i problemi della società.

Allegato

Risultati generali delle risposte raccolte durante il primo seminario

(5 marzo 2009)
