

Indice

- 9** *Presentazione*

- 15** **CAP. 1** Il metodo scientifico e altro
 - Il mestiere del fisico
 - Unità non (del tutto) unite
 - Provando e riprovando
 - Scienziati per caso?
 - L'idea che ha fatto scattare la molla

- 37** **CAP. 2** La «vecchia» fisica (la meccanica)
 - Girotondi lunari (e non)
 - Maree lunatiche
 - Sole, estate, inverno
 - Sempre in piedi
 - Egregia energia
 - Aspettate... un momento!

- 61** **CAP. 3** Caldo, freddo, lavoro (la termodinamica)
 - Ghiaccio: dai cubetti alle stelle
 - Con la testa fra le nuvole
 - Sorseggiando fisica
 - Aiuto... scoppio!
 - Calore, calorico, caloria...
 - Ordine e disordine
 - Fisica e motori, gioie e...

- 91** **CAP. 4** Onde, correnti e calamite (l'elettromagnetismo)
 - Specchio delle mie brame
 - Velocissima luce
 - Sulla cresta dell'onda
 - Mille bolle blu
 - Nel blu, dipinto di blu...
 - Udite, udite... ma cosa?
 - Questione d'orecchio
 - Processo alle onde
 - Harry Potter e la risonanza magnetica

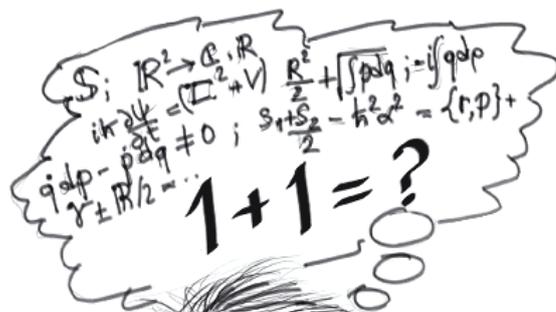
Attrazioni fatali
I molti poteri della corrente elettrica
Fulmini quotidiani
Fantastico laser

143 CAP. 5 La «nuova» fisica (la fisica del Novecento)

1905, Annus mirabilis
L'atomo fuggente
Spettri, atomi, Halloween
Nuclei bollenti
Alla ricerca della fusione perduta
Orologi radioattivi
Dalla padella alle microonde
Pollicino e il computer
Ma quanto è pieno il vuoto?
C'è spazio per tutti
A spasso con i satelliti

193 Scopri il fisico che c'è in te: soluzioni

Il mestiere del fisico



Poco più di un secolo fa la comunità dei fisici fu percorsa da un brivido di soddisfazione inconsueto: molti erano gli scienziati che, al cospetto delle leggi della gravitazione universale di Newton, delle previsioni della termodinamica di Boltzmann, Clausius, Planck e delle fantastiche interpretazioni teoriche dell'elettromagnetismo a opera di Maxwell pensavano che non restasse ormai molto da fare. Qualcuno azzardava addirittura che il mestiere del fisico avrebbe richiesto solamente qualche calcolo di verifica delle nuove teorie e poco più. Non era così, ovviamente: la fine dell'Ottocento e i primi decenni del Novecento vedono la nascita di una nuova fisica, nella quale i misteri dell'incredibilmente piccolo (atomi, molecole, nuclei, particelle) e del cosmo sconfinato vengono affrontati e in certa misura svelati. Solo in certa misura, però. Esistono infatti campi di indagine che ancora oggi danno lavoro a schiere di fisici e che pongono domande di vario genere in attesa di risposte precise. Per dare un'idea del mestiere del fisico del terzo millennio, vediamo alcuni di questi settori «di frontiera».

Anzitutto, continua a valere una distinzione di massima fra ricercatori «teorici» e «sperimentali». Come si può facilmente intuire, i primi si danno da fare affrontando problemi collegati a modelli destinati a descrivere in termini astratti la natura e l'evoluzione di fenomeni fisici concreti. Nel secondo gruppo, invece, si collocano gli studiosi che operano in laboratori di vario genere, nei quali vengono progettate, realizzate e utilizzate macchine per lo studio controllato e sistematico di esperimenti. Negli ultimi decenni si è assistito a una specializzazione molto spinta nei settori della disciplina, tanto che non è più sufficiente dividere i fisici fra teorici e sperimentali. È quindi appropriato riferirsi a fisici nucleari, atomici, biofisici, stato-solidisti, computazionali, fisici-chimici, fisici della materia, cosmologi e altri ancora. In ognuno di questi settori ci sono persone che sono impegnate in ricerche di punta.



Nella fisica della materia, ad esempio, gruppi di teorici e di sperimentali sono da qualche anno impegnati a studiare le proprietà straordinarie di insiemi di atomi posti a temperature bassissime, per i quali le leggi della fisica «quotidiana» non valgono più e per i quali ci si deve appellare a descrizioni proprie della cosiddetta fisica dei quanti, nella quale la materia si comporta come onde e le onde hanno caratteristiche materiali.

Nella fisica-chimica queste stesse leggi quantistiche vengono sfruttate per prevedere e realizzare comportamenti del tutto peculiari di molecole di utilità, ad esempio, farmacologica. Con l'ausilio di raggi laser, è possibile far reagire fra di loro varie molecole a piacimento, potendo in tal modo sintetizzare a comando nuove sostanze.

I biofisici lavorano spesso a contatto con biologi, medici, chimici per fornire supporto tecnologico e teorico circa la realizzazione di nuovi metodi di analisi, di diagnosi, di sintesi biochimica.

I fisici nucleari sono impegnati nell'indagine delle proprietà dei piccolissimi pezzettini di materia che costituiscono tutto ciò che attorno a noi (noi inclusi) possiede una massa, i nuclei atomici, per l'appunto (per essere un po' più precisi non si possono dimenticare gli elettroni: anche loro sono pezzetti di atomi, e dunque ingredienti essenziali di tutte le forme di materia che ci circonda. Solo che pesano migliaia di volte meno dei nuclei, per cui a volte i fisici nucleari «fanno finta» che gli elettroni non ci siano). I nuclei a loro volta sono costituiti da altri pezzettini (nucleoni, si chiamano, e sono parte della famiglia degli adroni, per dirla proprio tutta) che vengono oggi utilizzati nelle terapie oncologiche di nuova generazione.

Ci sono i fisici dello «stato solido», noti anche come «stato-solidisti», che sono impegnati nello studio delle proprietà microscopiche di una varietà vastissima di sistemi materiali da molti punti di vista, quali le caratteristiche elettriche, termiche, meccaniche, ottiche, magnetiche, e così via. Esistono materiali che conducono bene la corrente elettrica (i conduttori), altri che non la conducono per nulla (gli isolanti), altri ancora che la conducono «a comando», a seconda di fini dettagli della loro composizione (i semiconduttori): il mondo dei computer esiste e vive grazie alle conoscenze acquisite e ai continui progressi proprio nel campo dei semiconduttori. Esistono anche materiali che conducono perfettamente la corrente (senza opporre nessuna, ma proprio nessuna resistenza). Si chiamano superconduttori, e sono argomento di vivacissima discussione sia teorica che sperimentale da decenni. Le implicazioni e applicazioni tecnologiche di questa classe di materiali sono enormi (lo sapevate che i treni superveloci in Giappone «galleggiano» sulle rotaie grazie a magneti superconduttori?).



I fisici cosiddetti «computazionali» si occupano di problemi che sono troppo complicati per essere trattati con carta e penna (ad esempio quando ci sono molte particelle, atomi o quant'altro, che interagiscono fra di loro); allora utilizzano le potenzialità offerte dai computer che, con un ritmo impressionante, permettono di eseguire calcoli sempre più rapidamente (si parla ormai di miliardi di operazioni al secondo). Esistono addirittura supercalcolatori costituiti da reti di computer che si dividono le fatiche del calcolo fra di loro, aumentando ovviamente la velocità di esecuzione e la memoria a disposizione. Questo appena citato è un caso importante (e neanche l'unico) di intesa fra fisica e informatica.

I cosmologi sono studiosi che, spesso a contatto con astronomi e astrofisici, cercano risposte a domande «vertiginose», legate all'origine e al destino dell'universo. In questo mestiere sono sempre più aiutati dalle tecnologie moderne di indagine spaziale come satelliti e telescopi potentissimi. Potrà sembrare strano, ma esiste un collegamento forte fra questi scienziati e i loro colleghi che indagano l'ultra-super-microscopico: fra di essi, teorici e sperimentali, troviamo le persone impegnate nei colossali laboratori che accelerano e studiano le particelle elementari, come al CERN di Ginevra o nelle viscere del Gran Sasso. I teorici di questo gruppo stanno tentando (per ora senza riuscirci!) di costruire la «teoria del tutto»: scrivere un'unica equazione (che, si immagina, non sarà troppo semplice) che spieghi completamente l'universo, i suoi costituenti, le loro interazioni. Un compito ambizioso che, anche se forse non convince troppo le agenzie di finanziamento, lascia comunque spazio incredibile alla fantasia e all'intelletto.

Scopri il fisico che c'è in te

1. Quale degli ambiti di ricerca attuale, fra quelli descritti nel testo, ti sembra il più interessante, e per quale motivo? Specificare scegliendo fra le seguenti possibilità:
 - a) per le possibili applicazioni
 - b) per il nuovo quadro teorico che ne può scaturire
 - c) per il lavoro stimolante
 - d) per il piacere di indagare l'«invisibile»
2. Ritieni che un giorno la fisica non avrà più nulla da scoprire?



3. Quale/i scienza/e pensi possa/no ancora effettuare scoperte rivoluzionarie?

4. Sai fornire un esempio di scoperta teorica? E di scoperta sperimentale?

Unità non (del tutto) unite



Un bambino usava quantificare il suo affetto per la madre

dicendole: «Ti voglio bene da qui fino a Cuba». Quando poi voleva descrivere le sue capacità, affermava di saper correre con velocità pari a migliaia di chilometri, nonché di possedere una forza spaventosa, pari a milioni di metri.

Chiunque sorride di queste affermazioni, tuttavia queste espressioni prive di senso e rapidamente corrette da noi adulti, sono lo specchio della strada, tutt'altro che diritta e priva di ostacoli, lungo la quale l'uomo ha cercato di affrontare il problema delle unità di misura.

Innanzitutto, è necessario capire cosa può essere quantificabile. Non certo l'affetto, o la bellezza; sicuramente invece una lunghezza, o un tempo. Ma che dire di qualcosa di più sfuggente come il colore? Si può quantificare di quanto un vestito è più rosso di un altro? La scienza ha fornito molte risposte riuscendo a stabilire un lungo elenco di grandezze misurabili, ma è presumibile che la loro classificazione non sia conclusa. Torniamo quindi a ciò che oggi sappiamo misurare e affrontiamo il problema successivo: come eseguiamo la misura? Il procedimento è, in linea di principio, semplice: si sceglie un campione e lo si confronta con la grandezza che si vuole misurare. Il campione diventa così la nostra unità di misura. Il passo successivo nasce dal bisogno di comunicare il risultato della nostra misura ad altri. Se il mio campione e quello del mio amico sono diversi, non possiamo comunicarci proprio nulla, e i pasticci possono essere grossi. Dire di salare l'acqua per la pasta con un pugno di sale è un po' vago, si può intendere la quantità di sale racchiusa in un pugno (che comunque ha dimensioni diverse...), oppure tutta la montagnola di sale che sta in una mano. Sono malintesi che possono costare una pasta immangiabile per il troppo sale (o per il troppo poco sale). Comunque vada, nulla di grave. Tuttavia un errore simile costò alla NASA, nel 1999, un centinaio di milioni di dollari, quando una sonda si sfasciò su Marte. Era successo che due centri di controllo, non essendosi accordati sulle unità di misura, diedero ordini l'uno in piedi e onces, l'altro in metri e



kilogrammi. Dunque, il mettersi d'accordo è di fondamentale importanza non solo per lo scienziato, ma anche per qualsiasi cittadino.

Nei secoli passati, la giungla delle unità di misura era quanto mai caotica. Nell'Italia frantumata in comuni e staterelli, vigevo un sistema di misura diverso per ognuno di essi. Il caos era totale, aumentato dal fatto che termini uguali (per esempio piede, auna, lega, braccio...) indicavano campioni diversi. Per potersi capire, sugli edifici delle piazze in cui si svolgevano i mercati venivano incise le lunghezze che indicavano l'unità di misura del luogo.

Il primo tentativo di fare ordine in questo campo risale alla Rivoluzione francese, quando l'Assemblea Nazionale decise di fissare le unità di misura e i campioni della lunghezza e della massa. Nacquero il kilogrammo (definito come la massa di un decimetro cubo di acqua distillata quando essa raggiunge la sua massima densità) e il metro (stabilito come la quarantamilionesima parte dell'arco di meridiano passante per Parigi). Per ottenere la lunghezza del metro così definito, due astronomi francesi compirono un'impresa durata sette anni, durante la quale misurarono la lunghezza dell'arco compreso fra Dunkerque (costa settentrionale francese) e Barcellona (Spagna). Al termine della difficile missione, persino Napoleone Bonaparte, entusiasta, sentenziò che «il metro durerà per sempre».

Pochi anni dopo venne istituito il Sistema Metrico Decimale, che permise di semplificare calcoli e conversioni.

Ma fu solo nel 1875 che 17 paesi trovarono un accordo e firmarono la «convenzione del metro»; vennero costruiti il metro e la massa campione che sono tutt'ora depositati nel padiglione del Bureau International des Poids et Mesures di Sèvres, vicino a Parigi; si stabilì di indire conferenze periodiche per aggiornare e perfezionare il sistema di unità di misura. Nelle successive riunioni, infatti, vennero aggiunte nuove unità di misura (come, ad esempio, il secondo per l'intervallo di tempo, l'ampere per la corrente, il grado celsius per la temperatura), nonché stabilite nuove definizioni per migliorare la precisione dei vari campioni. L'aumento di precisione richiesta dagli scienziati per eseguire gli esperimenti porta con sé la necessità di aumentare la precisione dei vari campioni; ad esempio, la definizione del metro, ora in vigore, è ben lontana da quella sopra citata; l'attuale, recita infatti: «Il metro è la distanza percorsa nel vuoto dalla luce nell'intervallo di tempo di $1/299729458$ secondi». Non è importante entrare nei dettagli di questa complicata definizione; il motivo per cui è stata adottata è che essa garantisce una precisione estremamente più elevata di quella ottenibile con le definizioni precedenti.

Al sistema comune, che prende il nome di Sistema Internazionale (SI), hanno formalmente aderito 48 nazioni. Sono stati creati dei centri



di ricerca internazionali che operano nel settore delle unità di misura. In Italia ne esistono due a Torino e uno a Milano. Ma la strada verso l'unificazione non è terminata: ancora oggi nei libri di testo anglosassoni si trovano esercizi ed esempi con valori espressi in miglia e onces. Anche in Italia, in cui vige dal 1979 il SI, c'è ancora da lavorare in questo senso. Basti pensare al diffusissimo uso della caloria come unità di misura dell'energia, al posto del joule, oppure alla babele che circonda la pressione: mentre il Sistema Internazionale prevede l'uso del pascal, vengono utilizzati atmosfere, bar, millimetri di mercurio (detto anche torr). Persino il comodissimo e anziano metro viene ancora sottoutilizzato: le dimensioni dello schermo dei televisori, dei componenti idraulici sono espressi in pollici...

Insomma, anche in questo ambito, dovremmo sforzarci ancora un po': per comprenderci meglio.

Scopri il fisico che c'è in te

1. Prova a elencare le unità di misura che conosci. Controlla su un qualsiasi testo di fisica se appartengono tutte al Sistema Internazionale.

2. Il testo suggerisce l'importanza di avere dei campioni di misura molto precisi. Gli strumenti di misura vengono poi costruiti in base ai campioni di misura. Quale precisione richiedono gli strumenti che usi o vedi usare quotidianamente? (Pensa al righello o al metro da falegname; al cronometro utilizzato nelle gare sportive; al termometro da febbre; alla bilancia da cucina...)

3. Supponiamo che la bilancia di un orologiaio sia stata costruita in base a un kilogrammo non fedele al campione e che perciò dia una misura errata per difetto. Supponiamo di vendere un anello d'oro che pesa 3,5



grammi, se pesato su una bilancia regolamentare, e che pesa invece un decimo di grammo in meno sulla bilancia dell'orologiaio. Se l'oro costa 13,526 € al grammo, quanto denaro si perde?

4. Quando venne iniziato il lungo cammino che cerca di unificare le unità di misura?

5. Leggiamo da un recente articolo su un quotidiano: «In tempi recenti si è passati dall'unità di misura del millimetro a quella del centesimo di milionesimo di metro...». Cosa c'è di sbagliato in questa frase?

Provando e riprovando

Quando uno scienziato vuole inquadrare con ragionevole affidabilità i risultati dei propri studi, è necessario che i suoi modelli teorici e i dati delle osservazioni sperimentali vengano tenuti in debita considerazione: la scienza ha bisogno di un costante confronto fra i dati ottenuti negli esperimenti e fra le idee teoriche che possono fornire la base di un modello di funzionamento del fenomeno osservato. Cosa significa eseguire un esperimento? Ci sono delle ricette affinché delle procedure si possano chiamare «esperimenti»? E ancora, ci sono esperimenti che si possano ritenere più importanti di altri? Proviamo a dare alcune risposte a queste domande, concentrando l'attenzione su due punti: la «riproducibilità» e la rilevanza di un esperimento.

La riproducibilità è una caratteristica imprescindibile e fondamentale per tutti i tipi di esperimenti (di scoperta, di verifica...). Questo è un aspetto sul quale ogni persona (non necessariamente dedito alla scienza) dovrebbe avere le idee chiare. Quante volte si sente dire «mi comporto così, perché ho sperimentato che così funziona?». Ma che cosa significa sperimentare? Il significato nel linguaggio comune coincide con quello dello scienziato? Molte volte non è così. Lo scienziato prima di poter trarre una qualsiasi conclusione da un certo esperimento, lo ripete molte volte e controlla se esso produce sempre lo stesso risultato. Un esempio: se per qualche motivo devo verificare la veridicità dell'affermazione «l'acqua bolle a 100°C», devo far bollire dell'acqua varie volte e constatare che essa bolle sempre (cioè ogni volta che eseguo l'esperimento) a 100°C. Se così non accade, è necessario meditare sul risultato. A questo punto si possono trarre due diverse conclusioni: 1) l'affermazione è falsa, oppure 2) ho eseguito la prova trascurando qualche particolare importante. Ecco dunque delinearci il problema della realizzazione di un esperimento: esso deve essere eseguito, come si usa dire, in «condizioni controllate», ovvero in una situazione in cui lo sperimentatore tiene nota di tutti i possibili parametri che potrebbero influenzare i risultati. Per pro-





seguire nell'esempio della temperatura di ebollizione dell'acqua, si osserva che è possibile ottenere acqua bollente a temperature diverse da 100°C . È sufficiente che vari la pressione (è ciò che facciamo quando cuciniamo i cibi con la pentola a pressione: l'acqua, sottoposta a pressioni maggiori di quella normale, bolle a 120°C - 130°C e ciò implica modalità di cottura diverse, tipicamente più rapide del solito). Quindi l'affermazione «l'acqua bolle a 100°C » non è corretta, e va così cambiata: «l'acqua bolle a 100°C quando la pressione esterna è di 1 atmosfera». In questo caso la pressione è l'unica grandezza che può modificare la temperatura di ebollizione dell'acqua (pura). Non è certamente facile capire quali sono i parametri che influiscono su un determinato fenomeno (la temperatura, la massa, il colore, la pressione, la densità, la carica elettrica, la magnetizzazione...). Lo sperimentatore non potrà inizialmente escludere nulla e dovrà prendere le dovute precauzioni al fine di conoscere esattamente le condizioni sperimentali in cui sta lavorando. Solo in questo modo otterrà dei risultati che potranno essere comunicati alla comunità scientifica, la quale, a sua volta, sarà in grado di ripetere l'esperimento. È molto probabile che nel nostro «sperimentare» quotidiano tutta questa serie di accorgimenti non venga tenuta in considerazione. Quante volte, infatti, tiriamo delle frettolose conclusioni del tipo «oggi ho mal di testa perché ieri ho bevuto un caffè più del normale», senza pensare che ciò si è verificato una sola volta!

Più difficile è rispondere alla seconda domanda, riguardante la rilevanza di un esperimento rispetto ad altri. Nella stragrande maggioranza dei casi, è quasi impossibile conoscere a priori il valore di un determinato esperimento, sia perché non si può immaginare l'esito della prova, sia perché potrebbe non esistere alcuna teoria a cui ispirarsi per verificarla o confutarla, sia perché (spesso) non si possono prevedere eventuali applicazioni tecnologiche. I posteri «l'ardua sentenza» la formulano sempre: la storia della fisica è segnata da alcuni esperimenti che sono ritenuti di gran lunga più importanti di altri. Se si sfoglia, ad esempio, un qualsiasi libro di fisica, si troveranno citati alcuni esperimenti, come quello di Newton sulla scomposizione della luce, di Foucault, di Oersted, di Young, di Michelson-Morley, di Eddington e altri ancora, che hanno determinato l'evoluzione della fisica. Vi è stato un lungo dibattito se questi esperimenti siano da considerare «cruciali», intendendo con questo una prova che sia decisiva nella scelta fra due o più teorie (a questo proposito il termine «*instantia crucis*» venne introdotto da Francesco Bacone nel 1620 e ribattezzato poi dagli scienziati dell'epoca come «*experimentum crucis*»). Due teorie diverse possono essere accettabili se sono entrambe



matematicamente corrette, se giustificano dei fenomeni noti e se ne prevedono altri. Scegliere, a questo punto, è difficile. Un esperimento particolare, allora, potrebbe essere decisivo per scartare una delle due teorie. Alcuni pensatori ritengono che non possa esistere un tale esperimento, ma non è qui la sede per approfondire questo tema. Per comprendere come gli esperimenti citati più sopra siano stati davvero fondamentali nel difficile e contorto percorso dello sviluppo della scienza, li illustriamo brevemente. L'esperimento di Newton ha permesso di accettare l'idea che i colori sono presenti nella luce e non sono dati da «modificazioni» della luce bianca, come proposto da Cartesio e altri; l'esperimento che Foucault ha eseguito a Parigi con un lunghissimo pendolo ha confermato il moto di rotazione della Terra; Oersted ha permesso di mettere in relazione i fenomeni elettrici con quelli magnetici; Young ha eseguito un esperimento in cui viene evidenziato il comportamento ondulatorio della luce (si trattava di un esperimento di «interferenza», nel quale le onde si sovrappongono per costruire zone con intensità di luce maggiore e zone con intensità minore); l'apparecchiatura geniale di Michelson-Morley — in cui raggi di luce si muovono in direzioni parallela e perpendicolare al moto della Terra, attraversando lenti e specchi — ha permesso di fare piazza pulita della secolare idea di etere; Eddington ha osservato la deflessione dei raggi luminosi causata dall'enorme massa del Sole, confermando le previsioni della teoria della relatività generale. Può darsi che questi esperimenti non si possano considerare cruciali nell'accezione di Bacone, ma è fuori dubbio che essi si debbano ritenere con buona ragione estremamente «importanti».

Scopri il fisico che c'è in te

1. Cita un'operazione che esegui nella vita di tutti i giorni e che puoi considerare un esperimento.

2. Devi prendere un libro di piccole dimensioni che si trova sotto un dizionario. Lo estrai, ma fai cadere il dizionario. Puoi concludere da questa esperienza che «ogni volta che si estrae un libro piccolo che



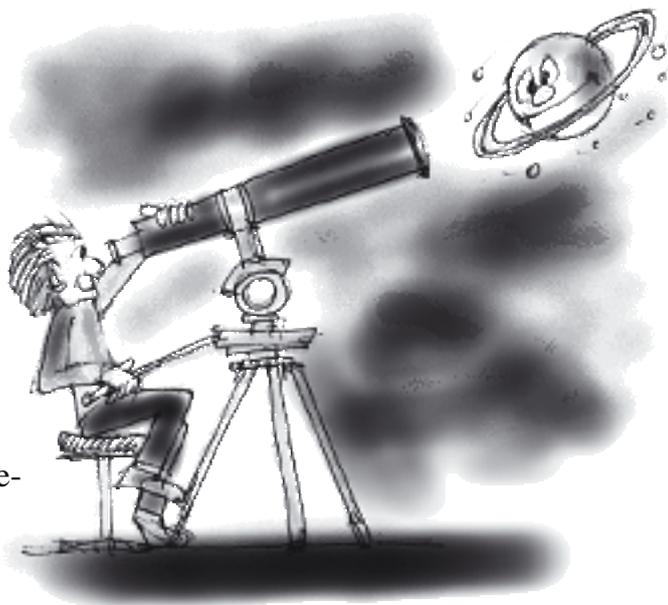
si trova sotto un libro più grande quest'ultimo cade»? Motiva la tua risposta.

3. Il fatto che il Sole sorga e tramonti ogni giorno può essere considerato un esperimento cruciale per confermare l'ipotesi che la Terra si muove attorno al Sole? Perché?

4. In che modo l'affermazione «oggi ho mal di testa perché ieri ho bevuto un caffè più del normale» potrebbe diventare la conclusione di un esperimento?

5. L'acqua bolle a 100°C . Vero o falso?

Scienziati per caso?



I due ingredienti per erigere l'edificio della fisica sono teoria ed esperimento, due anime intimamente legate fra loro e dipendenti l'una dall'altra.

Una teoria è tale se risponde a una serie di requisiti, uno dei quali è senz'altro la capacità di rendere conto di fatti sperimentali già acquisiti o acquisibili in futuro. Non c'è nessuna regola che stabilisca se l'esperimento debba precedere o seguire la teoria; la storia della fisica ci insegna che si possono verificare entrambe le possibilità. Le modalità con cui si svolgono gli esperimenti sono di vario genere: alcune evidenze sperimentali sono il risultato di un paziente lavoro svolto in un laboratorio seguendo i precisi criteri che gli sperimentatori si sono dati, altre sono dovute al «caso». Forse apparirà strano che parte della scienza, spesso vista (erroneamente) come un apparato di formule astruse, sia dovuta al caso.

Raccontiamo qui alcune di queste scoperte «casuali», senza alcuna pretesa di approfondimento storico, né di completezza, ma solo come esempi dei diversi processi che permettono l'evoluzione della scienza.

Iniziamo da Galileo Galilei. Fra gli innumerevoli suoi contributi regalati alle scienze sperimentali, uno è da ritenersi «casuale»: l'osservazione dei satelliti di Giove (effettuata nel 1610). Nessuno dei 16 satelliti di Giove è visibile a occhio nudo e nessuna teoria prevedeva (né prevede oggi) che un pianeta possa avere dei satelliti. Al tempo di Galilei si discuteva se dovesse essere la Terra il centro dell'universo (come si era sempre ritenuto), oppure il Sole (ipotesi proposta da Copernico nel 1545). L'esistenza di satelliti era negata da entrambe le teorie sulla base di un supposto privilegio terrestre nel possedere la Luna. È molto probabile che Galileo, pur convinto della validità della teoria copernicana, non si aspettasse di trovare satelliti orbitanti attorno ad altri pianeti. Galileo, tuttavia, era dotato di due cose che altri non avevano: uno strumento (il cannocchiale) e una straordinaria flessibilità intellettuale. La combinazione di queste doti fece sì che,



puntando il cannocchiale verso Giove, egli vide quattro corpi che interpretò correttamente come i quattro maggiori satelliti del pianeta. Egli seppe vedere con lo strumento e guardare con la mente. Anche oggi vengono scoperti nuovi oggetti celesti come, ad esempio, nuove comete: ma il vantaggio degli attuali scienziati è che sanno che possono esistere e una cometa in più non ci stupisce e non muta il nostro modo di intendere l'universo.

Rimanendo nel campo astronomico, ma facendo un salto di 300 anni, è interessante conoscere la storia della scoperta di Plutone. All'inizio del XX secolo erano noti otto pianeti e nota era anche la loro traiettoria. Tuttavia, l'orbita del penultimo pianeta, Urano, presentava delle discrepanze con l'orbita teoricamente calcolata. Gli scienziati ipotizzarono dunque l'esistenza di un ulteriore pianeta piuttosto massiccio che, con la sua attrazione gravitazionale, potesse essere responsabile di tale differenza. Si misero dunque al lavoro per cercare questo misterioso Pianeta X. L'astronomo statunitense Clyde Tombaugh fotografò per circa due mesi, ogni sei giorni, una certa zona di cielo. Confrontando fra loro le fotografie con una particolare tecnica, osservò che in alcune era evidente la presenza di un corpo mai osservato: un nuovo pianeta, per l'appunto. Cosa c'è di fortuito in tutto ciò? C'è che questo nuovo pianeta risultò essere molto più piccolo di quello cercato e la sua massa non poteva certo essere la causa della differenza fra l'orbita teorica e quella sperimentale. Dunque il nono pianeta c'era, ma non era l'ipotizzato Pianeta X! Come nel caso del cannocchiale di Galileo, anche in questo la tecnica ha fornito il suo contributo: nulla si sarebbe probabilmente scoperto se non fosse stata adottata una speciale analisi delle fotografie, detta della «comparazione di lampi di luce». Su ogni lastra fotografica vi erano impresse qualcosa come 160000 stelle e dunque andare a cercare fra di esse il nono pianeta sarebbe stato un lavoro arduo! Ma le stelle non mutano la loro posizione reciproca, mentre i pianeti si muovono rispetto alle stelle fisse. Confrontando allora due fotografie con un apparecchio che illumina molto velocemente prima l'una e poi l'altra, saltano all'occhio le eventuali differenze fra le due immagini. La differenza, in quel caso, era il pianeta Plutone, che nell'agosto del 2006 è stato declassato da pianeta semplice a «pianeta nano».

Un'altra storia singolare è relativa alla scoperta della radioattività naturale. La radioattività è un fenomeno che riguarda alcuni tipi di elementi (come ad esempio il carbonio, l'uranio, il potassio): questi hanno la proprietà di trasformarsi spontaneamente in altri elementi. La trasformazione viene accompagnata dall'emissione di certe particelle o radiazioni (dette radiazioni α , β , γ) dannose per l'uomo se in eccesso



rispetto alle dosi normalmente presenti nell'ambiente naturale. Nulla può obbligare un elemento a trasformarsi, così come nulla può intervenire per arrestare la trasformazione. Questo effetto è dunque sempre esistito, ma è stato rivelato solo nel 1896, da un fisico di nome Henri Antoine Becquerel. Egli stava portando avanti degli esperimenti che necessitavano della luce solare, con sali di uranio. Questo lavoro dovette essere sospeso per qualche giorno, causa brutto tempo. Becquerel ripose allora i sali di uranio in un cassetto assieme a delle lastre fotografiche e a uno schermo di cuoio. Sorpresa: quando Becquerel ritirò il tutto, le lastre fotografiche risultarono impressionate... Lo scienziato capì di essere di fronte a un nuovo fenomeno e i suoi successivi esperimenti confermarono che la causa era da ricercarsi nell'emissione (successivamente denominata radioattiva) dell'uranio.

L'elenco di esperimenti in qualche modo peculiari potrebbe proseguire... Alleniamo allora la nostra mente a scrutare con attenzione il mondo che ci circonda, chissà che anche qualcuno di noi non riesca ad alzare il velo su qualche aspetto della natura non ancora chiaro...

1. Nel testo vengono citati tre esempi di scoperte «casuali». Quali sono

Scopri il fisico che c'è in te

gli aspetti comuni a queste scoperte che invece non fanno ritenere che siano proprio dovute al «caso»? (Se hai notato, il termine «caso» è sempre stato utilizzato fra virgolette...)

2. Conosci altre straordinarie scoperte che Galileo ha fatto grazie all'uso del telescopio?

3. La scoperta di Plutone avvenne confrontando velocemente fra loro



due immagini leggermente diverse. Ti capita mai di usare questa tecnica?

- 4.** Alcune delle seguenti scoperte sono state fatte «casualmente», altre no. Quali, secondo te, non sono scoperte casuali?
- a) deviazione dell'ago di una bussola a causa della presenza di corrente elettrica;
 - b) scoperta del pianeta Nettuno;
 - c) legge della caduta dei corpi;
 - d) natura ondulatoria della luce;
 - e) effetto fotoelettrico (che è un esempio della natura corpuscolare della luce).

- 5.** Quali canali segue normalmente il processo di una scoperta?

L'idea che ha fatto scattare la molla



C'è un piccolo oggetto che ha riempito la nostra infanzia e anche la mente degli scienziati: la molla. Se viene da sorridere, si pensi alle innumerevoli applicazioni di cui le molle sono parte fondamentale: orologi, bilance, sospensioni delle automobili o delle biciclette, respingenti dei treni, materassi, giocattoli di vario genere... Guardatevi in giro a casa vostra e sicuramente scoprirete che molti oggetti di uso quotidiano contengono molle più o meno grandi. Detto questo, vediamo perché anche ai fisici questo oggettino sta tanto a cuore. Un primo motivo è che esso risponde a una legge estremamente semplice: quando viene teso (o compresso) con una certa forza, esso si allunga (o si accorcia) in modo proporzionale. Questo significa che se si esercita sulla molla una forza doppia, essa si allunga del doppio, se la forza è tripla, si allunga del triplo... Tale legge porta il nome del fisico inglese Robert Hooke che nel 1679 la formulò con le parole «ut tensio sic vis». Ma la semplicità di questa espressione non è l'unica ragione per cui vale la pena di parlarne (e di farla studiare a ogni singolo studente, non appena si affaccia alla finestra della scienza). Il fatto è che il comportamento di una molla si ritrova in un numero di situazioni completamente diverse. Certo, si penserà, anche un elastico probabilmente si comporta nello stesso modo, si sa bene che più lo si tende più si allunga — pur di non esagerare. Sì, anche un elastico segue la stessa legge che segue la molla (anzi, quando accade questo, si dice che il sistema ha un «comportamento elastico»). Ma non solo molle ed elastici: anche l'aria, per esempio. Chi ha provato a tappare una siringa e a schiacciare il pistone, si sarà accorto che più si vuole comprimere l'aria intrappolata, più si deve premere. Anche l'aria ha quindi, in prima approssimazione, un comportamento elastico. Così come mostrano lo stesso comportamento le corde di uno strumento (chitarra, violino, arpa...), o un'altalena, un'asta vibrante, il lampadario della cucina, l'ago di una bussola...

Quale vantaggio si trae da queste considerazioni? Ovvio: tutto ciò che ho imparato sulla molla lo posso utilizzare in altri ambiti, senza



dover ricominciare da zero. Ad esempio, si sa che una molla, tesa e poi rilasciata, oscilla avanti e indietro con un movimento ondulatorio, finché l'attrito non la «smorza», più o meno lentamente. Questo moto si chiama moto armonico (eventualmente «smorzato») e viene descritto da semplici espressioni matematiche, le stesse, se non fosse ancora chiaro, che descrivono le onde. Siamo partiti dalla descrizione di una semplice molla e siamo arrivati alla descrizione delle onde. Non è forse impressionante? È uno dei tanti esempi della capacità della scienza di unificare fenomeni apparentemente diversi.

Finora abbiamo parlato di sistemi con cui abbiamo a che fare quotidianamente, tuttavia la nostra molla è ben utile anche nel mondo ultra-microscopico. Uno dei problemi che gli scienziati hanno dovuto affrontare è la comprensione della struttura della materia. La risposta che tutti conoscono è che essa è costituita da atomi (o da molecole) «vicini» fra loro. Ma in che modo sono «vicini»? Cosa tiene legate le molecole le une alle altre impedendo loro di allontanarsi le une dalle altre? Il modello più semplice si può applicare alle sostanze solide, in particolare a quelle composte solo da un tipo di atomi, come i metalli. La disposizione di queste particelle è regolare, può essere pensata come la disposizione di un reggimento in posizione di riposo. Quando il reggimento di atomi viene sottoposto a una forza, accade che le file di soldati si comprimono, per poi ritornare nella posizione di partenza non appena la pressione è cessata: insomma, lo stesso comportamento che si osserva macroscopicamente nelle molle. È come se gli atomi fossero legati fra loro da invisibili molle che possono venire allungate o compresse quando vengono schiacciate o tirate. Del resto, non ci si poteva aspettare che questo, visto che ogni proprietà macroscopica deve essere riconducibile al comportamento delle singole particelle che costituiscono il sistema! Dovrebbe essere chiaro a tutti che queste «molle invisibili» non esistono davvero; il comportamento elastico proviene dalle forze di tipo elettrico che regolano le interazioni fra atomi e molecole. Se le oscillazioni sono piccole, queste particelle si muovono seguendo una legge che è la stessa che Hooke espresse per i corpi elastici.

In ultimo, il modello «a molle» funziona anche per rendere conto di ciò che accade quando un materiale solido viene riscaldato. Le molecole iniziano a oscillare (proprio come farebbe una molla quando viene spostata dalla sua posizione di equilibrio) e l'oscillazione è tanto più ampia quanto più alta è la temperatura. Anche in questo caso si può spesso constatare l'effetto del «dondolamento» a occhio nudo: il solido (in generale) si dilata, perché sono aumentate le distanze fra le molecole.



Scopri il fisico che c'è in te

1. Sapresti rappresentare in modo matematico la legge che descrive il comportamento elastico della molla?

2. Prova a elencare alcuni sistemi diversi dalla molla che tuttavia si comportano in modo «elastico».

3. A quando risale la formulazione della legge che descrive la forza elastica?

4. Una legge fisica che descrive tanti tipi di sistemi è ovviamente molto importante. Prova a citare alcune applicazioni (in ambiti diversi) delle seguenti leggi:

a) $d = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + d_0$ (d = distanza percorsa, v = velocità, t = tempo)

b) $F = k/d^2$ (F = forza, k = costante, d = distanza)

5. I legami atomici sono descritti da un modello a molle; spiega in che senso questo modello spiega la realtà.
