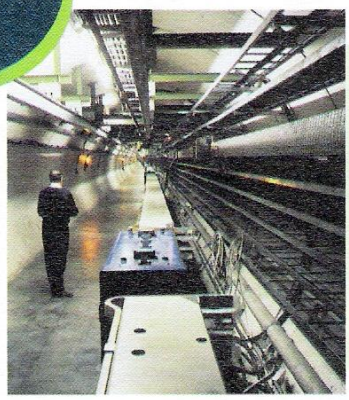
da **A. Poli – A. Fiorello** **Elementi di Fisica** (per i bienni delle scuole superiori)
ETAS (RCS Libri) Edizione 2007

unità 1



Le scienze sperimentali

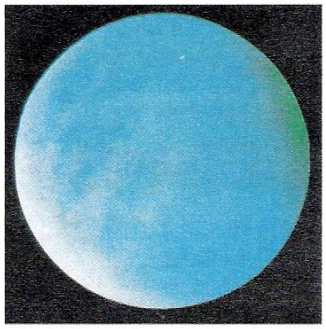
Obiettivi di apprendimento

- Descrivere le principali caratteristiche del metodo scientifico-sperimentale
- Descrivere l'efficacia e i limiti del metodo scientifico-sperimentale
- Sviluppare la capacità di osservazione
- Imparare a formulare domande su un fenomeno fisico
- Formulare semplici ipotesi interpretative di fenomeni fisici osservati, trarre alcune conseguenze e progettare la loro verifica sperimentale

1.1 Che cosa studia la fisica

La fisica studia i fenomeni naturali ricercando le leggi che li governano. Forse non ci crederete, ma gli scienziati hanno scoperto che tra qualunque coppia di corpi agisce una forza di attrazione chiamata forza di gravità. Il nostro peso non è altro che la forza di attrazione che la Terra esercita su di noi. L'aspetto più sorprendente è che è possibile calcolare il valore di questa forza mediante una relazione matematica scoperta da Newton nel XVII secolo: la legge di gravitazione universale.
La conoscenza delle leggi della natura permette non solo di spiegare quanto si osserva, ma anche di fare previsioni e scoprire nuovi fenomeni. In base ai calcoli svolti dagli astronomi Adams e Le Verrier, utilizzando la legge di gravitazione universale, si fece la previsione dell'esistenza di un nuovo pianeta del sistema solare che doveva trovarsi oltre l'orbita di Urano. Tale pianeta venne osservato nel 1846. A esso fu dato il nome di Nettuno (fig. 1).
Un secondo esempio. La scoperta delle onde elettromagnetiche, grazie a cui la televisione o il cellulare funzionano, fu una brillante conferma di quanto il fisico J.K. Maxwell aveva predetto per via puramente teorica.
Grazie allo studio della fisica sarai in grado di spiegarti il perché di molti comportamenti che osservi nella vita quotidiana, ad esempio perché tutti i corpi cadono al suolo o perché quando percorriamo una curva in automobile ci sentiamo spinti verso l'esterno della traiettoria.

Figura 1 Un ingrandimento del pianeta Nettuno. La sua temperatura superficiale è di circa –220 °C e il suo periodo di rivoluzione intorno al Sole è di 164,8 anni.



1.2 Professione scienziato

Le scoperte scientifiche che descriveremo nelle pagine di queste unità sono state compiute da scienziati. Attualmente in Italia sono dediti a questa professione decine di migliaia di persone, che dividono il loro impegno tra le attività di ricerca e quelle di docenza nelle Università.
Vi è una notevole varietà di attività e di ruoli in quella che, globalmente, chiamiamo ricerca scientifica; tuttavia è possibile riconoscere nell'opera degli scienziati un comune denominatore. Ciò che li distingue professionalmente da altre categorie di lavoratori è il costante utilizzo nella loro attività del metodo (*) scientifico-sperimentale. Esso si è rivelato un potente ed efficace metodo di indagine, capace di mostrare la concordanza fra le costruzioni teoriche e la realtà dei fatti e conferendo alla scienza quel valore, non

(*) Il termine "metodo" deriva dalle due parole della lingua greca *metá* e *hodós* che significano "attraverso" e "strada". Letteralmente significa "attraverso il cammino". Nella lingua italiana è utilizzato per indicare un procedimento da seguire.

da **A. Poli – A. Fiorello** **Elementi di Fisica** (per i bienni delle scuole superiori)
ETAS (RCS Libri) Edizione 2007

solo puramente conoscitivo, ma anche pratico e applicativo che oggi è sotto gli occhi di tutti. È di questo metodo che vogliamo parlare.

1.3 L'eterna sete di conoscenza: brani di documentazione

Le scienze della natura sono nate innanzitutto dal desiderio di **conoscere** il mondo che ci circonda e solo in un momento successivo sono state rivolte alle applicazioni. A differenza delle altre specie viventi, l'uomo ha una caratteristica singolare che lo rende unico in tutto l'Universo: stiamo parlando della facoltà di domandarsi *perché*.
Tra le numerosissime documentazioni di questa facoltà, che si voglia chiamare intelligenza o ragione o autocoscienza, ne abbiamo scelte alcune a scopo esemplificativo. Dopo aver letto ogni brano, individua chi è l'autore (poeta, scienziato, filosofo...) e traduci in forma esplicita le principali domande che ogni brano vuole esprimere.

Documenti

Brano n. 1

«È dunque il sole che fa ruotare i pianeti attorno a sé con la rotazione del suo corpo? E come può, essendo il sole privo delle mani con cui potrebbe afferrare un pianeta così lontano, e, ruotando su se stesso, trascinarlo con sé?»

Johannes Kepler, *Epitome Astronomiae Copernicanae*, 1617, trad. di A. Koyré, in *La révolution astronomique*, Hermann, Paris 1961

Brano n. 2

«Non è una questione indifferente se le ultime parti di un corpo, come l'acqua, sono tutte uguali, cioè di uguale configurazione, di uguale peso, eccetera. Ciò che noi sappiamo non offre alcun motivo di supporre alcuna diversità in questi caratteri particolari: esisterebbe nell'acqua, in quanto dovrebbe allo stesso modo trovarsi negli elementi che costituiscono l'acqua, cioè l'idrogeno e l'ossigeno.»

John Dalton, *A New System of Chemical Philosophy*, trad. J. Guillerme, Manchester 1808

Brano n. 3

«Il mondo è diviso in spirito e materia, e, se lo è, che cos'è spirito e che cos'è materia? Lo spirito è soggetto alla materia o è investito di poteri indipendenti? L'universo ha un'unità di scopo? Sta evolvendo verso qualche meta? Vi sono realmente leggi di natura, o noi crediamo in esse soltanto per il nostro innato amore per l'ordine? [...] A tali domande non si può trovare risposta in laboratorio [...] Lo studio di questi problemi, se non la loro soluzione, è compito della filosofia.»

Bertrand Russell, *Storia della filosofia occidentale*, vol. I, Longanesi, Milano 1966

Brano n. 4

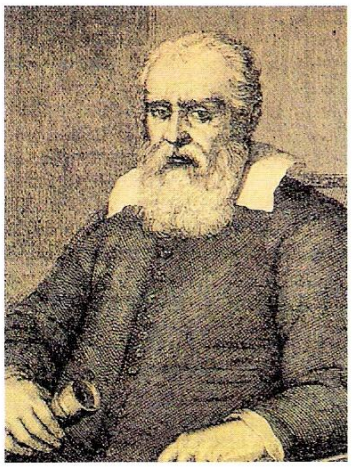
«Spesso quand'io ti miro / Star così muta in sul deserto piano, / Che, in suo giro lontano, al ciel confina; / Ovver con la mia greggia / Seguirmi viaggiando a mano a mano; / E quando miro in cielo arder le stelle; / Dico fra me pensando: / A che tante facelle? / Che fa l'aria infinita, e quel profondo / Infinito seren? Che vuol dir questa / Solitudine immensa? ed io che sono?»

Giacomo Leopardi, "Canto notturno di un pastore errante dell'Asia", in *Canti*, BUR, Milano 1991

1.4 La scienza moderna

Il brano di Russell che abbiamo letto nel paragrafo precedente termina affermando che alle domande tipiche della filosofia non si può rispondere andando in laboratorio. Certamente, ma è anche vero che alle domande caratteristiche delle scienze sperimentali non si risponde mediante la filosofia.

da **A. Poli – A. Fiorello** **Elementi di Fisica** (per i bienni delle scuole superiori)
ETAS (RCS Libri) Edizione 2007



a)

DIALOGO
DI
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO
DELLO STVDIO DI PISA.
E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO
GR.DVCA DI TOSCANA
Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre
sopra i due
MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO,
Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali
tanto per l'vna, quanto per l'altra parte.
CON PRI VILEGI.

b)

Figura 2 a) Ritratto di Galileo Galilei. b) Frontespizio di una delle due opere principali di Galileo: il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, pubblicato nel 1632.

Galileo Galilei (1564-1642) (fig. 2), studiando il movimento dei corpi, fondò la scienza moderna e il suo metodo di indagine. Quali sono, sinteticamente, le tappe di questa nuova strada per l'indagine della natura?
Chiediamoci innanzitutto: Galileo che cosa vuole studiare della realtà che cade sotto i nostri sensi?

Quali aspetti intende indagare?

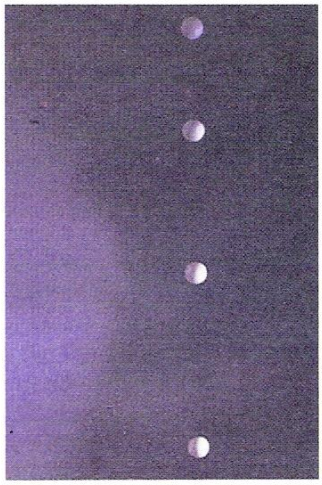
Egli stesso ci suggerisce la risposta nel seguente brano.

«Perché, o noi vogliamo specolando tentar di penetrar l'essenza vera ed intrinseca delle sustanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia d'alcune loro affezioni. Il tentar l'essenza, l'ho per impresa non meno impossibile e per fatica non men vana nelle prossime sustanze elementari che nelle remotissime e celesti...»

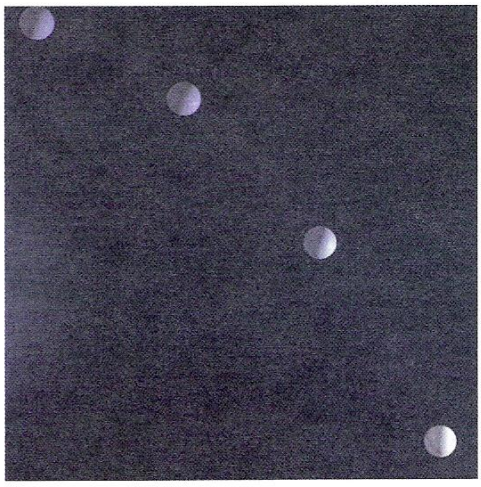
Dalla III Lettera, "Delle macchie del Sole", G. Galilei, in *Opere*, vol. V, Giunti-Barbera, Firenze 1929

> La ricerca di Galileo non è più quella filosofica dell'essenza delle cose, ma la descrizione dei fenomeni naturali tramite quelle loro caratteristiche che appaiono misurabili.

In una delle sue opere principali, *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze*, egli si occupa del movimento dei corpi in vicinanza della Terra e, in particolare, esamina il moto di caduta libera al suolo e quello dei proiettili (fig. 3).
In questo studio, Galileo prende in considerazione le **qualità misurabili** dei corpi: ad esempio gli spazi percorsi, i tempi impiegati per percorrerli, la velocità, il peso ecc., e definisce queste caratteristiche primarie od oggettive. Altre qualità dei corpi che non sono misurabili, come ad esempio l'utilità, la **versatilità** o le qualità estetiche vengono escluse in quanto ritenute soggettive.



a)



b)

Figura 3 a) Ripresa fotografica di una pallina che cade al suolo in verticale. b) La traiettoria di una pallina lanciata con una velocità parallela al suolo. Le fotografie sono state scattate a intervalli uguali di tempo. Si noti il carattere accelerato del movimento.

da **A. Poli – A. Fiorello** **Elementi di Fisica** (per i bienni delle scuole superiori)
ETAS (RCS Libri) Edizione 2007

Quali sono le principali innovazioni introdotte da Galileo nello studio della natura rispetto al modo di procedere dei filosofi?

La grande rivoluzione galileiana, che fonda la scienza in senso moderno, consiste nella separazione della realtà in ciò che è oggettivo, cioè misurabile, da ciò che non lo è, e che quindi è ritenuto soggettivo.
Conseguenza di questa scelta, è che gli aspetti misurabili della realtà sono anche quelli che possono essere trattati matematicamente, cioè descritti mediante il linguaggio matematico.
In un celebre brano, Galileo si esprime in proposito con queste parole:

«La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.»

G. Galilei, *Il Saggiatore*, in *Id.*, *Opere*, vol. I, UTET, Torino 1996

> Attenendosi alle qualità misurabili di un fenomeno si possono anche fare **previsioni** circa il suo svolgimento.

Ad esempio, studiando come i corpi cadono al suolo, Galileo ipotizza che si tratti di un movimento rettilineo con accelerazione costante. La trattazione matematica del fenomeno porta alla conseguenza (vedi **unità 9**) che esso si deve svolgere secondo una legge matematica ben precisa, espressa dalla relazione: $s = (1/2)gt^2$. Gli spazi percorsi sono direttamente proporzionali ai quadrati dei tempi: se in un intervallo di tempo t il corpo percorre uno spazio s, in un tempo di caduta doppio il corpo percorrerà uno spazio quattro volte maggiore. È questa legge oraria che Galileo sottoporrà alla prova dell'esperimento con la famosa esperienza del piano inclinato e dell'orologio ad acqua (vedi **unità 9**), ottenendo conferma delle ipotesi formulate.

1.5 La sperimentazione

In una sua lettera Galileo afferma:

«Tra le sicure maniere per conseguire la verità è l'anteporre l'esperienze a qualsivoglia discorso, essendo noi sicuri che in esso, almanco copertamente, sarà contenuta la fallacia, non sendo possibile che una sensata esperienza sia contraria al vero.»

G. Galilei, *Lettera a Fortunio Liceti* in *Opere*, vol. I, pag. 974, UTET, Torino 1996

> Le scienze sperimentali procedono mediante due strumenti fondamentali: quello delle ipotesi e delle costruzioni teoriche e quello dell'esperimento.

Dopo aver preso in esame gli **aspetti misurabili** di un certo fenomeno, si formulano alcune **ipotesi** e si cerca di costruire una **teoria** che possa spiegare i comportamenti osservati. Si cerca anche di dedurre, a partire dalle ipotesi formulate, il maggior numero possibile di **conseguenze** e di prevedere quali tipi di fenomeni la teoria implichi.