

Introduzione

Che cos'è la fisica

La fisica (dal greco *phýsis* = natura) è la scienza che ricerca e studia le leggi fondamentali della natura con il fine di descrivere e comprendere i fenomeni naturali, dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande.

I fenomeni naturali o fisici che osserviamo sono generalmente causati da più cause concomitanti, la difficoltà di procedere della fisica è individuare e isolare solo gli effetti dovuti dalla legge che si vuole studiare.

Ad esempio una piccola pietra ed una piuma lasciate libere di cadere in aria, procedono verso il suolo in modo molto diverso: la pietra cade verticalmente con velocità crescente, la piuma cade lentamente ondeggiando nell'aria.

Vedremo che il fenomeno fisico è lo stesso: i corpi cadono sotto l'azione della Terra, azione che è la stessa su tutti i corpi ed è solo la presenza dell'aria che causa il diverso comportamento della pietra rispetto alla piuma.

Per studiare la realtà occorre quindi non affidarsi soltanto all'indagine speculativa e descrittiva del fenomeno (tipica nell'antichità da parte dei filosofi greci) ma basarsi su un metodo di indagine che non si limita all'osservazione del fenomeno ma ne ricerca anche le connessioni (leggi) con il mondo circostante.

Questo metodo fu introdotto dallo scienziato Galileo Galilei già alla fine del sedicesimo secolo, *il metodo sperimentale*, che è oggi alla base dello sviluppo di tutte le scienze.

Il metodo sperimentale galileiano può essere riassunto nei seguenti tre punti:

1. **osservazione** del fenomeno, ovvero raccolta di informazioni e dati sul sistema oggetto di studio;
2. **ipotesi**, formulata con la ricerca di regolarità nelle osservazioni ovvero di una possibile spiegazione dei fatti osservati, con formulazione di una legge matematica;
3. **esperimento** ossia verifica sperimentale dell'ipotesi stessa, da compiersi più volte in condizioni controllate e ripetibili.

Solo se l'ipotesi o legge individuata al punto 2) è in grado di spiegare tutte le osservazioni sperimentali del punto 3) possiamo dire che abbiamo una *teoria fisica* che spiega l'osservazione.

Sia l'osservazione che l'esperimento comportano una valutazione quantitativa e non qualitativa di alcune grandezze (ad esempio la lunghezza, la massa, tempo, velocità,) detta *misura* che è il processo che permette di conoscere *quantitativamente* una qualità di un determinato oggetto o situazione.

La misura è il confronto della grandezza da misurare con una unità campione di quella grandezza. Ad esempio possiamo misurare la lunghezza di un tavolo vedendo quante volte è contenuto il lato lungo (o corto) di un foglio A4.

In tal caso la grandezza fisica *lunghezza* sarà espressa da un numero (che esprime il confronto su detto) e da una unità di misura scelta: ad esempio il tavolo è lungo 8 volte il lato lungo del foglio A4.

L'unità di misura campione deve essere scelta con il criterio che sia facilmente reperibile e abbia una dimensione standard ovunque (la lunghezza del lato lungo di un foglio A4 ad esempio è uno standard internazionale).

Il sistema di unità di misura universalmente accettato dai fisici è basato sulle seguenti grandezze fondamentali:

- il **metro** (m), per le misure di **lunghezza**;
- il **secondo** (s), per gli intervalli di **tempo**;
- il **chilogrammo** (kg), per le misure della **massa**;
- l'**ampere** (A), per le **intensità di corrente**;
- il **kelvin** (K), per le misure di **temperatura**;
- la **mole** (mol), per la **quantità di sostanza**;

Le prime tre costituiscono il sistema di misura detto *sistema MKS*, sufficiente per lo studio dei fenomeni meccanici, mentre l'introduzione della quarta porta al *sistema MKSA* necessario per includere i fenomeni elettromagnetici.

Ovviamente possiamo avere frazioni di unità di misura per le quali, tranne che per il tempo, si usa il sistema decimale con relativi sottomultipli o multipli di base 10.

Esempio:

$$2,55 \text{ m} = 255 \text{ cm} = 2550 \text{ mm} = 2550000 \text{ } \mu\text{m}$$

(ricordiamo i prefissi: m = 10^{-3} , μ = 10^{-6} , n = 10^{-9} , p = 10^{-12})

$$1200000 \text{ m} = 1200 \text{ Km} = 1,2 \text{ Mm}$$

(ricordiamo i prefissi: K = 10^3 , M = 10^6 , G = 10^9 , T = 10^{12})

Le precedenti sono dette unità di misura fondamentali perché tutte le altre unità di misura, dette *unità di misura derivate*, sono combinazioni di quelle fondamentali. Vedremo ad esempio che la velocità sarà misurata in m/s, la forza in Newton (N) con $N = \text{kgm/s}^2$, l'energia in Joule (J) con $J = \text{kgm}^2/\text{s}^2$ ecc.....

Osservazione 1: definizione operativa

Alcune grandezze fisiche non sono definibili in maniera semplice o in maniera concettuale. Il metodo sperimentale permette di definirle con *una definizione operativa*. Una grandezza è definita operativamente quando viene specificato, in maniera univoca ed universale, il modo con cui detta grandezza viene misurata. Oltre a lunghezza, tempo e intensità di corrente, incontreremo diverse grandezze definite operativamente come la forza, l'attrito, la temperatura empirica e altre.

Osservazione 2: Equazioni dimensionali:

Poiché una grandezza fisica è espressa da un numero e da una unità di misura, una operazione o un'equazione fra grandezze fisiche è da intendere come una equazione matematica fra i numeri e una *equazione dimensionale* fra le unità di misura; esempio:

$10 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 \rightarrow 10 \cdot 2 = 20$ equazione matematica

$\rightarrow \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{kgm/s}^2 = \text{N}$ equazione dimensionale

Risultato: $\rightarrow = 20 \text{ N}$

Osservazione 3: Cifre significative

Dato un certo valore numerico per una grandezza fisica, le cifre che conseguentemente al processo di misura si conoscono in maniera attendibile sono dette *cifre significative* e il loro numero è detto numero di cifre significative (21 ha 2 cifre significative, 21,0 e 21,3 ne hanno 3, 21,90, 21,30, 21,32 ne hanno 4 e così via...) quindi 21 cm, 21,0 cm e 21,00 cm sono diversi in quanto per il primo conosciamo in maniera attendibile fino al cm, nel secondo fino al mm, nel terzo fino a decimo di mm. Di conseguenza una operazione matematica non può aumentare il numero di cifre significative e il risultato dell'operazione matematica va arrotondato per conservarle.

esempio : $\frac{10}{3} = 3$; $\frac{10,0}{3} = 3,3$; $\frac{10,00}{3} = 3,33$; $4,6 \cdot 1,2 = 5,5$; $4,60 \cdot 1,2 = 5,52$; $2,5 \cdot 3,2 = 8,0$.

Cenno agli errori di misura

Nell'esecuzione di una misura è importante la risoluzione ossia la capacità di rilevare piccole differenze della grandezza fisica in esame che dipende essenzialmente dalla sensibilità dello strumento di misura; per esempio se misuriamo l'altezza di un cilindretto metallico con un regolo la cui divisione minima è il mm, la risoluzione può essere al più di mm (ad esempio 2,1 cm con incertezza $\pm 1 \text{ mm}$), se la misuriamo con un calibro in grado di apprezzare il μm , la risoluzione può essere al più di μm (2,1000 cm con la precisione di $\pm 1 \mu\text{m}$). Dal punto di vista fisico quindi 2,1 cm è molto diverso da 2,1000 cm.

In ogni caso, la misura che otteniamo non è mai perfettamente accurata, cioè non coinciderà mai la vera misura della grandezza fisica in osservazione. Questo accade perché, inevitabilmente, si commettono i così detti *errori di misura*, che possono dipendere da vari fattori quali l'imprecisione dello strumento o errori commessi nel procedimento di calcolo. Il valore della grandezza fisica che otteniamo è solamente *una stima del valore reale*.

Gli errori di misura vengono suddivisi in due categorie:

- Gli *errori casuali* sono quegli errori che vengono introdotti in maniera imprevedibile e causale. Questi possono influenzare la misura in modo diverso e possono portare a stimare in eccesso o in difetto la grandezza. Ad esempio, nella misurazione di un intervallo di tempo con un cronometro, possiamo compiere errori casuali nell'istante iniziale di attivazione del cronometro e nell'istante finale per fermarlo. Di conseguenza, delle volte avremo un valore minore del reale, altre volte un valore maggiore.
- Gli *errori sistematici*, invece, possono dipendere dalle qualità dello strumento di misura o da errori di metodo di misurazione e producono una modifica della misura reale della grandezza generalmente in una direzione (sempre per difetto o sempre per eccesso). Ad esempio, un errore sistematico è connesso all'uso di un regolo non corretto. Se esso è più corto del metro standard, tutte le misure risultano più grandi di quelle reali e l'errore che si commette avrà sempre lo stesso valore (in eccesso).

Gli errori sistematici sono in teoria controllabili (eliminabili) usando strumenti e/o metodi diversi di misura, mentre gli errori casuali non sono eliminabili ma possono essere studiati e valutati in modo statistico

Per ottenere un valore più accurato della misura, dobbiamo effettuare più misurazioni e far riferimento al così detto *valore medio*.

In generale, quindi, se si effettua la misura N volte e si ottengono i valori x_1, x_2, \dots, x_n , il valore della misura che si considera è il valore medio \bar{x} calcolato come:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{N} = \frac{\sum_1^N x_i}{N}$$

Questo valore è quello che più si avvicina al valore reale della grandezza misurata, e la precisione della misura aumenta all'aumentare di N .

Definito *lo scarto* della singola misura x_i come la sua differenza dal valore medio $s_i = x_i - \bar{x}$, la bontà della misura viene misurata dal così detto *errore quadratico medio* σ , detto anche *standard deviation*, definito come:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Un risultato scientificamente accettabile di una misura della grandezza x sarà dato come $\bar{x} \pm \sigma$. Per quanto fin qui detto il risultato di una misura di lunghezza pari a $2,50 \pm 0,01$ mm è più accurato di un risultato pari a $2,50 \pm 0,14$ mm.

Cenni alle definizioni delle unità di misura fondamentali

Le unità di misura che abbiamo introdotto non hanno un preciso fondamento scientifico ma nascono solo da una convenzione fra i fisici che si sono accordati su delle specifiche unità di misura campioni.

Lunghezza (m)

In origine il metro è stato definito dall'Assemblea Nazionale francese nel 1791 come 1/10000000 della lunghezza del meridiano terrestre (compresa fra il polo nord e l'equatore) che passava per Parigi. Nel 1799 venne creato il campione standard in platino iridio di riferimento conservato presso l'Ufficio Internazionale di pesi e Misure a Parigi.. Studi successivi mostrarono però che la lunghezza usata per meridiano terrestre era errata ma non si è più cambiata la lunghezza del metro (ossia del campione standard) che oggi è ridefinito come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a $1/c$ secondi assumendo che la velocità della luce nel vuoto sia pari a $c = 299792458$ m/s.

La massa (Kg)

Il campione di massa, definito dall'Assemblea Nazionale francese nel 1791, è un cilindro retto di platino-iridio a base circolare che misura 39 mm in altezza e in diametro conservato presso l'Ufficio Internazionale di pesi e Misure a Parigi. Poiché le masse degli atomi sono uguali in tutto l'universo e si possono confrontare con elevata precisione il campione di massa è ora

definito con riferimento alla massa dell'atomo di carbonio-12 al quale è stata attribuita la massa di 12 unità di massa atomica (u). Il rapporto fra le due unità è $1 \text{ u} = 1.6605402 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

Il tempo (s)

Il secondo per molti anni è stato definito come $1/86400$ della durata di un giorno solare medio ($86400 = 24 \text{ ore} \cdot 60 \text{ minuti} \cdot 60 \text{ secondi}$). A causa della imprecisione nella conoscenza della durata del giorno medio solare, si è preferito anche in questo caso fare riferimento agli atomi che sono uguali in tutto l'universo. Attualmente è definito più precisamente in termini di periodo della radiazione emessa dagli atomi di cesio-133 nella transizione tra due stati atomici. In particolare, un secondo è ora definito come il tempo pari a 9.192.631.770 periodi di questa radiazione.

L'Ampere (A)

sarà definito in seguito.