

I.P.S.I.A. "A.M. Barlacchi"

Crotone

Appunti di Fisica

Capitolo I

Le grandezze fisiche

Ugo Carvelli

Premessa

Cosa è la Fisica

Lo studio della Fisica nasce tra il X secolo a.C. (l'età di Omero) e la seconda metà del V secolo a.C. (l'età di Socrate) quando, nella cultura greca si sviluppa lo studio e l'indagine della natura, in greco appunto "*PHYSIS*". Aristotele chiama questi pensatori "*fisici*", cioè studiosi della natura o "naturalisti". Da questo momento si può pensare abbia inizio la filosofia vera e propria.

La fisica studia i fenomeni naturali, cioè tutti gli eventi che possano essere descritti ovvero misurati attraverso le "*grandezze fisiche*". Al fine di capire in che modo queste grandezze si influenzano tra esse si ricercano delle relazioni che le legano, queste sono dette "*principi e leggi della Fisica*".

Quest'obiettivo è talvolta raggiunto attraverso la fornitura di uno schema semplificato, o modello, del fenomeno descritto.

Metodo scientifico (o sperimentale)

Il "*metodo scientifico o sperimentale*" è la modalità tipica con cui la scienza procede per studiare *scientificamente* un evento che avviene nella realtà.

Anticamente lo studio si limitava a formulare teorie che potessero spiegare i fenomeni naturali senza procedere a una verifica sperimentale delle teorie stesse che venivano considerate vere in base al principio di autorità, anche perché non esistevano sufficienti strumenti che consentissero di eseguire le misure di verifica. Solo nella prima metà del XVII secolo *Galileo Galilei (1564 – 1642)* applicò e divulgò il *metodo scientifico o "sperimentale"*.

Il metodo sperimentale impone che le teorie fisiche si debbano fondare sull'osservazione dei fenomeni naturali, debbano essere formulate con relazioni matematiche e debbano essere messe alla prova tramite esperimenti.

Il percorso seguito per arrivare alla stesura di una legge scientifica (e in particolare di una legge fisica) a partire dall'osservazione di un fenomeno si articola nei seguenti passi:

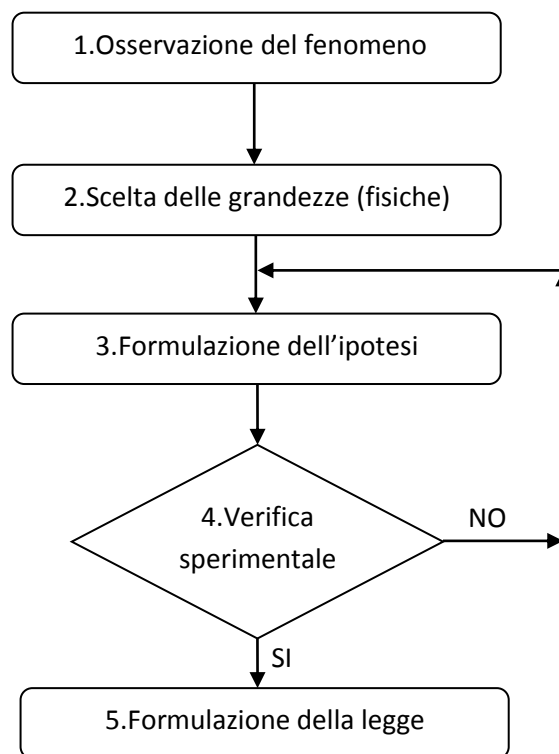
1. ***Osservazione di un fenomeno fisico.*** Un fenomeno fisico è un qualsiasi evento in cui siano coinvolte delle grandezze fisiche, ossia delle proprietà di un corpo che siano misurabili.
2. ***Scelta delle grandezze.*** Sono appunto le grandezze fisiche (misurabili) scelte come caratteristiche dell'evento.
3. ***Formulazione di una ipotesi.*** L'ipotesi viene solitamente formulata semplificando la situazione reale in modo tale da individuare delle relazioni tra le grandezze semplici da verificare, queste sono di solito indicate con l'espressione *condizioni ideali* (un esempio, nel caso dell'esperimento del

piano inclinato è l'assunzione che la forza di attrito sia trascurabile). L'ipotesi, quindi, è un modello mentale di come si verifica l'evento osservato.

4. **Verifica dell'ipotesi formulata.** (Esecuzione di un esperimento che può confermare o smentire l'ipotesi iniziale). L'esperimento consiste nella ripetizione in condizioni controllate di osservazioni di un fenomeno fisico e nell'esecuzione di misure delle grandezze coinvolte nel fenomeno stesso. Nel caso in cui l'ipotesi venga smentita dall'esperimento, si formula una nuova ipotesi (punto 3) e si prosegue nuovamente alla successiva verifica (punto 4).

5. **Formulazione della Legge.** Nel caso in cui l'ipotesi venga confermata dalla verifica la relazione che essa descrive diviene una legge fisica.

Diagramma a blocchi per schematizzare il metodo sperimentale



Una legge fisica rimane valida finché non venga dimostrato il contrario, ovvero venga dimostrato con esperimenti l'inesattezza circa il caso generale da essa descritta. Questo è uno dei dogmi fondamentali delle scienze in generale che apre la possibilità ad ulteriori aggiustamenti alle teorie fisiche al momento accreditate, ponendo l'attenzione sulla **ripetibilità** degli esperimenti. Non potrà, infatti, essere accettata una teoria fisica qualora gli esperimenti condotti da chi ha ipotizzato quelle leggi non possano esseri ripetibili anche in altri luoghi, diversi da quelli in cui i fisici hanno condotto i loro esperimenti.

Capitolo I – Grandezze fisiche e unità di misura

Grandezze fisiche fondamentali

Una “*grandezza fisica*” è una grandezza che si può misurare.

Se una grandezza non è misurabile non può essere definita “*grandezza fisica*”.

Nel Sistema internazionale di unità di misura (detto anche *S.I.*), adottato per legge in Italia dal 1976 e obbligatorio negli atti pubblici, le grandezze fisiche si dividono in 7 *grandezze fondamentali* e numerose *grandezze derivate* dalle precedenti.

Per ognuna delle grandezze fisiche scelte come fondamentali è stata indicata *l'unità di misura*. Le grandezze fisiche fondamentali e le corrispondenti unità di misura del Sistema internazionale sono:

Grandezza fisica	Unità di misura	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Temperatura	Grado Kelvin	°K
Intensità di corrente	Ampère	A
Intensità luminosa	Candela	Cd
Quantità di sostanza	mole	mol

Grandezze fisiche derivate

Una grandezza fisica è qualunque grandezza che non è direttamente indicata tra le fondamentali del Sistema Internazionale (S.I.) delle misure. Ad esempio velocità, accelerazioni, forze, ecc. sono grandezze direttamente esprimibili rispetto a grandezze fondamentali quali masse, lunghezze, tempi. Per fare un esempio: se consideriamo le lettere dell'alfabeto come fondamentali, tutte le parole che con tali lettere possono essere formate rappresentano loro derivate.

Per poter procedere agevolmente alla misura a volte le grandezze possono essere espresse con unità di misura diverse tra di loro, cioè possono essere adoperati multipli o sottomultipli della stessa grandezza in base alle dimensioni trattate.

Esempi di come si possono utilizzare multipli o sottomultipli di grandezze fondamentali sono riportati nella seguente tabella:

Tabella dei multipli e dei sottomultipli

Fattore di moltiplicazione	Prefisso	Simbolo	Valore
10^{12}	tera	T	1 000 000 000 000
10^9	giga	G	1 000 000 000
10^6	mega	M	1 000 000
10^3	chilo	K	1 000
10^2	etto	h	100
10^1	deca	da	10
1	unità		1
10^{-1}	deci	d	0,1
10^{-2}	centi	c	0,01
10^{-3}	milli	m	0,001
10^{-6}	micro	μ	0,000 001
10^{-9}	nano	n	0,000 000 001
10^{-12}	pico	p	0,000 000 000 001



Densità

Quante volte abbiamo sentito questo simpatico indovinello: *“Pesa di più un kilogrammo di piombo o un kilogrammo di paglia?”* La risposta corretta, come tutti sappiamo, è che pesano uguali perché 1 kg è sempre 1 kg! L’errore che alcuni sono portati a commettere nel dare la risposta è legato al concetto di densità. Si è portati a pensare che il piombo pesa più della paglia confondendo appunto peso con *“densità”*.

La densità (chiamata più correttamente massa volumica o massa specifica) di un corpo, indicata dal simbolo “*d*” è definita come il rapporto tra la massa di un corpo ed il suo volume. Se con “*m*” si indica la massa e con “*V*” il volume si ha dunque:

$$d = m/V$$

Nel Sistema Internazionale la densità si misura in kg/m³ (è a volte anche usato g/cm³).

Densità di alcuni solidi

Nome	Densità (g/cm³)
Alluminio	2.70
Argento	10.49
Cemento	2.7-3.0
Ferro	7.96
Ghiaccio	0.92
Legno (valore medio)	0.75
Legno di cedro	0.31-0.49
Legno d'ebano	0.98
Legno d'olmo	0.54-0.60
Legno di pino bianco	0.35-0.50
Legno di quercia	0.6-0.9
Nichel	8.8
Oro	19.3
Ottone	8.44-9.70
Mercurio	17.6
Piombo	11.3
Platino	21.37
Rame	8.96
Sughero	0.22-0.26
Terra (valore medio)	5.52
Tungsteno	19.3

Misure

Abbiamo prima definito le grandezze fisiche necessarie a descrivere i fenomeni e le loro unità di misura.

I fenomeni fisici che osserviamo e che accadono intorno a noi, per esempio un oggetto che cade, un'auto in corsa, una pallina che rotola, ecc. sono caratterizzati da grandezze fisiche che possiamo misurare per avere una migliore conoscenza del fenomeno.

La misura diventa necessaria quando vogliamo conoscere quantitativamente i fenomeni e non solo qualitativamente, cioè quando non ci basta sapere che un corpo sta cadendo ma vogliamo conoscere anche quanto tempo impiega ad arrivare a terra.

Possiamo così definire la *misura* quel processo che permette di conoscere una qualità di un determinato oggetto (ad esempio la lunghezza o la massa o un tempo trascorso) dal punto di vista *quantitativo*.

Per fare questa misura abbiamo bisogno però di una grandezza standard da usare come riferimento e che sia nota a tutti. Ad esempio, il fruttivendolo che deve vendere le sue mele misurerà la massa delle mele scelte dal cliente mediante un confronto con una massa nota (il kilogrammo) utilizzando uno strumento di misura (la bilancia). In questo modo sia il fruttivendolo che il cliente conoscono la quantità di mele vendute dall'uno e acquistate dall'altro.

La *misura* è quindi un confronto tra la grandezza da misurare e l'unità di misura scelta come standard di riferimento, e il suo valore significa quante volte la grandezza da misurare è più grande o più piccola dell'unità di misura.

Cosa vuole dire “misurare”?

Misurare una grandezza significa dire **quante volte** l'unità di misura è contenuta nella grandezza stessa.



Quindi alla fine di una misurazione dovremo sempre aver quantificato quella grandezza. Non può esserci misurazione valida se non viene restituito un valore misurato (numerico) della grandezza osservata.

Strumenti di misura

I classici strumenti utilizzati per misurare le grandezze fisiche fondamentali sono costituite dai misuratori di lunghezza (un righello è un misuratore di lunghezza), i misuratori di masse (le bilance) i misuratori di tempo (orologi, cronometri), i misuratori di velocità (il tachimetro dell'automobile), i misuratori di forza (il dinamometro a molla), i misuratori di temperatura (termometro) e così via.



Caratteristiche degli strumenti di misura

Portata o fondo scala

È il valore massimo che lo strumento è in grado di misurare, oltre il quale non può essere effettuata alcuna misura valida.

Se la portata di una bilancia è di 5 kg, anche se mettessimo sulla stessa una massa superiore a tale valore, lo strumento darebbe una misura errata o rischierebbe addirittura di rompersi.

Sensibilità

È il minimo valore di una grandezza fisica che può essere apprezzato dallo strumento. Quindi una variazione del valore della grandezza di una quantità inferiore alla sensibilità non comporta alcuna variazione del valore misurato dallo strumento.

Prontezza

La prontezza di uno strumento rappresenta la velocità con la quale esso indica il valore misurato. Generalmente maggiore è la sensibilità, minore sarà la prontezza di uno strumento. Sappiamo tutti

che il termometro clinico dobbiamo tenerlo a contatto con la pelle per alcuni minuti prima che esso indichi il valore corretto della temperatura, questo tempo serve per portare il termometro freddo alla stessa temperatura corporea e rappresenta la prontezza dello strumento.

Precisione

Possiamo definire la precisione di uno strumento l'accuratezza con la quale esso indica il valore misurato, dipende in generale dalle caratteristiche costruttive dello strumento (ad es. i materiali utilizzati e nella costruzione dei componenti) e ci consente di stabilirne l'affidabilità quando effettuiamo una misura.

ERRORI

Errori di misura

In ogni procedimento di misura di una grandezza fisica, la misura è sempre accompagnata da un'*incertezza* o *errore* sul valore misurato. Una caratteristica fondamentale degli errori che influenzano le misure di grandezze fisiche è la *ineliminabilità*, cioè una misura può essere ripetuta molte volte o eseguita con procedimenti o strumenti migliori, ma in ogni caso l'errore sarà sempre presente. L'incertezza fa parte della natura stessa dei procedimenti di misura. In un esperimento, infatti, non è mai possibile eliminare le azioni di disturbo di un gran numero di fenomeni fisici che inducono cambiamenti nelle condizioni di misura. Una misura può quindi fornire solamente una *stima del valore vero* di una grandezza coinvolta in un fenomeno fisico.

Il valore vero di una grandezza fisica non si conoscerà mai!

Gli *errori* (o *incertezze*) che influenzano una misura sono solitamente suddivisi a seconda delle loro caratteristiche in:

- *Errori casuali*. Quando la loro influenza sulla misura è completamente imprevedibile e indipendente dalle condizioni in cui si svolge la misura stessa. Questi errori influenzano la misura in modo casuale, ossia conducono alcune volte ad una sovrastima del valore della grandezza misurata, altre volte ad una sottostima.

- *Errori sistematici*. Gli errori sistematici influenzano una misura sempre in uno stesso senso, ossia conducono sempre a una sovrastima o ad una sottostima del valore vero. Sorgenti comuni di errori sistematici possono essere: errori di *taratura* di uno strumento o errori nel procedimento di misura.

Contrariamente agli errori casuali, gli errori sistematici possono essere eliminati anche se la loro individuazione è difficile, infatti è possibile osservare l'effetto di incertezze sistematiche solo conoscendo a priori il valore vero della grandezza che si intende misurare o confrontando i risultati di misure svolte con strumenti e procedimenti diversi. Un altro esempio relativo alla lettura di

strumenti analogici è dato dall'**errore di parallasse**, dovuto ad un cattivo posizionamento dell'operatore rispetto allo strumento, solitamente riscontrabile con strumenti a lancetta o comunque dovuto ad un errore di posizionamento dell'osservatore.

Errore assoluto

Possiamo definire come errore assoluto la differenza tra il valore misurato ed il valore esatto, ovvero:

$$E_a = E_{mis} - E_{es}$$

Dove E_a è l'errore assoluto,

E_{mis} è il valore misurato e

E_{es} è il valore esatto della grandezza considerata (valore che non si conosce mai!).

Possiamo quindi dire che il valore assoluto quantifica di quanto ci stiamo discostando rispetto al valore esatto.

Valore medio

Quando vogliamo misurare una grandezza è necessario ripetere più volte la misura, semmai cambiando osservatore o strumento utilizzato, per essere sicuri che le misure che abbiamo eseguito siano affidabili. In tal caso è utile considerare il valor medio tra le misure effettuate perché verosimilmente sarà il valore che maggiormente si avvicinerà al valore esatto della grandezza.

Dette x_1, x_2, \dots, x_n le n misurazioni effettuate, diremo valor medio, il valore ottenuto dalla media aritmetica dei singoli valori, ovvero:

$$x_m = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Errore relativo e percentuale

L'**errore relativo** di una misura è generalmente definito come il rapporto tra l'errore assoluto e il valore esatto della grandezza. Però, come chiarito precedentemente, possiamo assumere come valore esatto della grandezza quello ottenuto dal valor medio della serie di misure effettuate.

$$E_r = \frac{E_a}{x_m}$$

dove E_r = errore relativo, E_a = errore assoluto e x_m = valore medio.

L'errore percentuale

$$E_{\%} = \frac{E_a}{x_m} \cdot 100 = E_r \cdot 100$$

Misura diretta e misura indiretta

La misura *diretta* è il metodo con il quale il valore della grandezza è ottenuta leggendo direttamente la grandezza di interesse, confrontandola con un'altra della stessa specie, scelta come campione e rappresentante l'unità di misura (o un multiplo di essa). Un semplice esempio di questa metodologia, è quella usata per la misura di una lunghezza con un righello graduato: il righello (che rappresenta la grandezza di riferimento) viene accostato all'oggetto da misurare, confrontando la lunghezza di quest'ultimo (il *misurando*) con la scala graduata del righello, si ricava la misura.

La misura *indiretta* è il metodo con il quale la misura è ottenuta leggendo una o più grandezze legate funzionalmente al valore del *misurando*, ma non omogenee alla grandezza d'interesse. Per poter utilizzare questo metodo è necessario conoscere preventivamente le relazioni che legano tra loro queste grandezze.

In pratica si ha una misura indiretta ogni qualvolta che, per poter ottenere il valore di una misura, occorre fare un calcolo matematico su altre misure dirette legate alla misura che vogliamo determinare.

Alcuni esempi di misure indirette:

- misura di una distanza con metodi topografici;
- misura della superficie di un tavolo o del volume di un corpo di forma regolare;
- misura della pressione tramite la misura dell'altezza di una colonna di liquido (es. barometro a mercurio).