

I.P. G. Marconi - PRATO

# Fisica

per la classe prima

prof.ssa Carla Tarchi

# **MODULO 1**

## Grandezze fisiche ed errori

- Le grandezze fisiche e la loro misura
- Le incertezze sperimentali

## 1.1 - LE GRANDEZZE FISICHE E LA LORO MISURA

La Fisica studia i fenomeni che avvengono in natura, e li descrive attraverso le “Grandezze fisiche”, utilizzando il “Metodo sperimentale”.

**GRANDEZZA FISICA** è una proprietà che può essere misurata.

**MISURARE** una grandezza significa confrontarla con l’unità di misura e dire quante volte sta nella grandezza.

**UNITA’ DI MISURA** è un campione scelto come riferimento.

### SISTEMA INTERNAZIONALE (S.I.)

E’ un insieme di unità di misura usato per legge da 51 stati del mondo.

Ci sono 7 grandezze fondamentali, per le quali esiste un campione di unità di misura, mentre tutte le altre sono ricavate da queste 7 attraverso formule (grandezze derivate).

GRANDEZZA FISICA	UNITA’ DI MISURA	SIMBOLO
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Intervallo di tempo	secondo	s
Intensità di corrente	Ampère	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensità luminosa	candela	cd
Quantità di sostanza	mole	mol

Tab. 1 – Unità fondamentali del Sistema Internazionale

Le unità di misura possono essere precedute da prefissi, che indicano i multipli e i sottomultipli (vedi tabella 2).

Prefisso	Simbolo	Multiplo	Prefisso	Simbolo	Sottomultiplo
Tera	T	$10^{12}$	milli	m	$10^{-3}$
Giga	G	$10^9$	micro	$\mu$	$10^{-6}$
Mega	M	$10^6$	nano	n	$10^{-9}$
kilo	k	$10^3$	pico	p	$10^{-12}$

Tab. 2 – Multipli e sottomultipli delle unità di misura

### POTENZE DI 10 – NOTAZIONE SCIENTIFICA – ORDINE DI GRANDEZZA

La notazione scientifica serve per scrivere, confrontare e calcolare numeri molto grandi o molto piccoli. Ogni numero si scrive come prodotto fra un numero da 1 a 10 e una potenza di 10.

*Esempi:*

$$0,0075 = 7,5 \cdot 10^{-3}$$

$$1400000000 = 1,4 \cdot 10^9$$

L’**ordine di grandezza** di un numero è la potenza di 10 più vicina a quel numero.

#### POTENZE DI 10

$$10^9 = 1000000000$$

$$10^6 = 1000000$$

$$10^3 = 1000$$

$$10^2 = 100$$

$$10^1 = 10$$

$$10^{-1} = 0,1$$

$$10^{-2} = 0,01$$

$$10^{-3} = 0,001$$

$$10^{-6} = 0,000001$$

$$10^{-9} = 0,000000001$$

## MASSA – VOLUME – DENSITA'

La **massa** è la quantità di materia contenuta in un corpo e si misura in kg.

Il **volume** è lo spazio occupato dal corpo e si misura in m<sup>3</sup>.

La **densità** (o massa volumica) è il rapporto fra la massa e il volume e si misura in kg/m<sup>3</sup>:

$$d = m / V$$

Nella tabella seguente sono riportate le densità di alcune sostanze:

Sostanza	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Sostanza	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
Ferro	7880	Ghiaccio	920
Alluminio	2700	Acqua distillata	1000
Oro	19600	Acqua marina	1020
Argento	10500	Alcol etilico	800
Rame	8900	Olio d'oliva	920
Piombo	11300	Benzina	734
Mercurio	13600	Aria	1,29

Tab. 3 – Densità di alcune sostanze (a 0°C e a pressione atmosferica normale)

## 1.2 – LE INCERTEZZE SPERIMENTALI

### CARATTERISTICHE DEGLI STRUMENTI DI MISURA

**PORTATA:** massimo valore che lo strumento può misurare.

**SENSIBILITA':** minimo valore che lo strumento può rilevare.

### INCERTEZZA DELLE MISURE

Il risultato di una misura contiene sempre un'incertezza, che proviene da due cause:

1. la prima limitazione di una misura è la **sensibilità** dello strumento;
2. nel fare una misura si compiono sempre degli **errori**, che possono essere **sistematici** o **casuali**.

#### 1. Errore di sensibilità

Misurando direttamente una grandezza, si indica come risultato il **valore medio** della divisione e come incertezza la metà della larghezza della divisione (o la divisione intera se è molto piccola). Questa incertezza si chiama **errore assoluto** della misura.

*Esempio:*

$$6,3 \text{ cm} < L < 6,4 \text{ cm}$$

$$\text{valore medio} = 6,35 \text{ cm}$$

$$\text{errore assoluto} = \frac{6,4 - 6,3}{2} = 0,05 \text{ cm}$$

*Risultato della misura:*

$$\text{Lunghezza} = \text{valore medio} \pm \text{errore assoluto}$$

$$L = (6,35 \pm 0,05) \text{ cm}$$

#### 2. Errori sistematici ed errori casuali

Gli *errori sistematici* si ripetono sempre nello stesso senso (esempi: un metro allungato, un cronometro che va avanti, l'azzeramento inesatto della scala, ecc.) e quindi *possono essere eliminati*.

Gli *errori casuali* invece sono piccoli, ma imprevedibili e fanno oscillare il risultato qualche volta in più qualche volta in meno. Questi errori *non possono essere eliminati*.

Si fanno allora tante misure, e si calcola il loro **valore medio**:

$$\text{valore medio} = \frac{\text{somma delle misure}}{\text{numero delle misure}}$$

Si calcola poi l'**errore assoluto**:

$$\text{errore assoluto} = \frac{\text{valore massimo} - \text{valore minimo}}{2}$$

Esempio:

Misure di tempo:

14,6 s 14,7 s 14,4 s 14,6 s 14,5 s 14,3 s

$$\text{valore medio} = \frac{14,6+14,7+14,4+14,6+14,5+14,3}{6} = 14,5 \text{ s}$$

$$\text{errore assoluto} = \frac{14,7-14,3}{2} = 0,2 \text{ s}$$

Risultato della misura:

Tempo = valore medio  $\pm$  errore assoluto

$$t = (14,5 \pm 0,2) \text{ s}$$

### Errore relativo

L'errore assoluto non dà molte indicazioni sulla precisione della misura, perché l'incertezza può essere grande o piccola rispetto alla misura fatta.

Si calcola allora l'**errore relativo**:

$$\text{errore relativo} = \frac{\text{errore assoluto}}{\text{valore medio}}$$

E' utile esprimere l'errore relativo in **percentuale**:

$$\text{errore relativo percentuale} = \frac{\text{errore assoluto} \times 100}{\text{valore medio}}$$

Nell'esempio precedente:

$$\text{errore relativo} = 0,2 / 14,5 = 0,014$$

$$\text{errore relativo percentuale} = 0,014 \times 100 = 1,4 \%$$

## LE CIFRE SIGNIFICATIVE

Quando scriviamo il risultato di una misura indichiamo solo le cifre che abbiamo misurato, fino alla cifra su cui cade l'incertezza.

→ Si dicono **cifre significative** di una misura le cifre certe e la prima cifra incerta.

Esempi:

numero	n° di cifre significative
13	2
21,3	3
21,30	4
0,05	1
400,25	5

Come si vede lo zero è una cifra significativa quando è alla fine del numero (21,30), ma non è significativa quando è all'inizio (0,05).

**Arrotondare** un numero significa sostituirlo con un altro con meno cifre significative.

Per esempio arrotondiamo a due cifre significative il numero 1,52, che ne ha tre.

$$1,52 \rightarrow 1,5$$

Se la prima cifra che si cancella è fino a 4 l'ultima cifra resta uguale.

Se la prima cifra che si cancella è maggiore o uguale a 5 si aumenta di 1 l'ultima cifra.

Così 78,2 diventa 78, mentre 51,06 diventa 51,1.

## 1.1 - LE GRANDEZZE FISICHE E LA LORO MISURA

**1** Completa le equivalenze:

$$\begin{aligned}12 \text{ mm} &= \dots\dots\dots \text{ cm} \\100 \text{ }\mu\text{m} &= \dots\dots\dots \text{ m} \\5 \text{ hm} &= \dots\dots\dots \text{ km} \\20000 \text{ km} &= \dots\dots\dots \text{ Mm} \\8000 \text{ nm} &= \dots\dots\dots \text{ m}\end{aligned}$$

**2** Completa le equivalenze:

$$\begin{aligned}10 \text{ mg} &= \dots\dots\dots \text{ cg} \\3 \text{ cs} &= \dots\dots\dots \text{ s} \\1000 \text{ MW} &= \dots\dots\dots \text{ W} \\3600 \text{ g} &= \dots\dots\dots \text{ kg} \\1,3 \text{ V} &= \dots\dots\dots \text{ mV}\end{aligned}$$

**3** Completa le equivalenze:

$$\begin{aligned}700 \text{ cm}^3 &= \dots\dots\dots \text{ m}^3 \\0,25 \text{ m}^3 &= \dots\dots\dots \text{ dm}^3 \\7500 \text{ cm}^2 &= \dots\dots\dots \text{ m}^2 \\0,4 \text{ m}^2 &= \dots\dots\dots \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**4** Converti in notazione scientifica:

$$\begin{aligned}4200000 &= \dots\dots\dots \\0,00000025 &= \dots\dots\dots \\75000 &= \dots\dots\dots \\0,0014 &= \dots\dots\dots\end{aligned}$$

**5** Trasforma in notazione ordinaria:

$$\begin{aligned}3,27 \cdot 10^{-3} &= \dots\dots\dots \\8,745 \cdot 10^7 &= \dots\dots\dots \\2,4 \cdot 10^5 &= \dots\dots\dots \\5,03 \cdot 10^{-4} &= \dots\dots\dots\end{aligned}$$

**6** Completa le equivalenze, utilizzando le potenze di 10:

$$\begin{aligned}10^{10} \text{ }\mu\text{g} &= \dots\dots\dots \text{ kg} \\10^{-5} \text{ m} &= \dots\dots\dots \text{ }\mu\text{m} \\5 \text{ }\mu\text{A} &= \dots\dots\dots \text{ A} \\10 \text{ mV} &= \dots\dots\dots \text{ V} \\2 \text{ m}^2 &= \dots\dots\dots \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**7** Quante piastrelle di forma quadrata di lato 20 cm occorrono per rivestire il pavimento di una stanza rettangolare larga 6 m e lunga 5 m?

[750]

**8** Le dimensioni di una scatola da scarpe sono: 21,0 cm, 11,2 cm, 10,5 cm. Trova il volume in  $\text{cm}^3$  e in  $\text{m}^3$ , esprimendolo con le potenze di 10.

[ $2,47 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$ ]

**9** Una bottiglia di acqua minerale ha un volume di 1,5 l. Ricordando che un litro corrisponde a ....., calcola quante bottiglie servono per riempire una vasca di  $3 \text{ m}^3$ .

[2000]

**10** Un corpo di massa 10 kg occupa un volume di  $2000 \text{ cm}^3$ . Trova la densità in unità SI.

**11** Sappiamo che la densità dell'acqua è  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Qual è la massa di  $1 \text{ cm}^3$  di acqua? E di 1 l?

**12** Calcola la massa di un cubetto di ghiaccio di lato 3,1 cm.

[27,4 g]

**13** Qual è il volume occupato da 5 kg di olio?

## 1.2 – LE INCERTEZZE SPERIMENTALI

**1** La lancetta di una bilancia si sposta di 10 divisioni misurando una massa di 200 g. La scala è divisa in 30 intervalli. Qual è la sensibilità? Qual è la portata?

**2** Completa la tabella con i dati di tre strumenti di uso quotidiano:

<i>strumento</i>	<i>portata</i>	<i>sensibilità</i>
Termometro da parete		
Bilancia da cucina		
Manometro della caldaia		

**3** Con un cronometro elettronico si misura un tempo di 9,97 s. Qual è la sensibilità dello strumento? Come si scriverebbe il risultato della misura se la sensibilità fosse di un decimo di secondo?

**4** L'intervallo di misura della lunghezza  $L$  di un tavolo dà come risultato  $1,25 \text{ m} < L < 1,27 \text{ m}$ . Scrivi correttamente il risultato della misura, nella forma  $(\dots \pm \dots) \text{ m}$ .

**5** Ripetendo più volte la misura del volume di un liquido si ottengono i risultati seguenti:

*10,1 ml*

*10,4 ml*

*10,4 ml*

*10,3 ml*

*10,5 ml*

Esprimi il valore della misura con il suo errore.

**6** Quali sono l'errore assoluto e l'errore relativo percentuale in ciascuna delle seguenti misure? Quale delle due è più precisa?

$$L = (35,3 \pm 0,1) \text{ cm}$$

$$t = (800 \pm 1) \text{ s}$$

**7** In una misura di massa è stato calcolato un valore medio di 42,531 g e un errore assoluto di 0,21 g. Esprimi la massa e il suo errore con il corretto numero di cifre significative.

**8** È stata eseguita una serie di misure i cui valori sono i seguenti:

*7,21 s*

*7,22 s*

*7,21 s*

*7,25 s*

*7,26 s*

Calcola valore medio, errore assoluto ed errore relativo percentuale. L'errore assoluto è maggiore o minore della sensibilità dello strumento utilizzato?

## **MODULO 2**

### Le forze e l'equilibrio dei solidi

- Le forze
- I vettori
- L'equilibrio dei solidi

## 2.1 - LE FORZE

Una forza applicata a un corpo modifica la sua velocità (*effetto dinamico*).

Una forza può fare equilibrio ad altre forze (*effetto statico*).

- L'unità di misura delle forze nel Sistema Internazionale è il **Newton (N)**.

**1 Newton** è la forza di gravità con cui la Terra attrae un corpo di massa 102 g.

Lo strumento di misura delle forze è il **dinamometro**. Si tratta di una molla che si allunga in relazione alla forza applicata.

### IL PESO E LA MASSA

Tutti i corpi sulla Terra subiscono la forza-peso. Poiché il peso è una forza, deve essere misurato in Newton. Siamo invece abituati a esprimerlo in kg, come se si trattasse della massa. Chiamiamo kilogrammo-forza il peso (forza di gravità) della massa di 1 kg sulla Terra. Si ha quindi:

$$1 \text{ N} = 102 \text{ gf} \qquad 1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

Teniamo sempre presente però che massa e peso sono grandezze diverse:

- Il peso è la forza di gravità e varia da luogo a luogo. Si misura con il dinamometro.
- La massa è la quantità di materia contenuta in un corpo ed è la stessa in ogni luogo. Si misura con la bilancia a due piatti.

La confusione che spesso facciamo fra massa e peso è dovuta a una proprietà caratteristica della gravità: la Terra attrae di più le masse più grandi e di meno le masse più piccole, in modo che

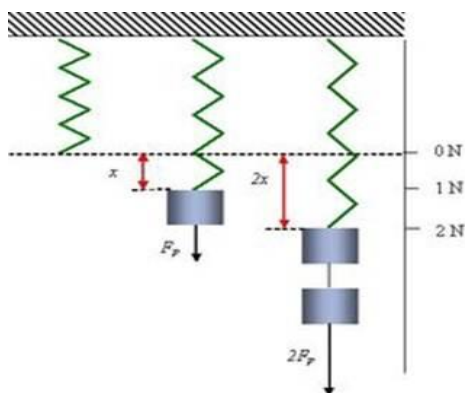
- *in uno stesso luogo massa e peso sono direttamente proporzionali*

Così una bilancia pesapersone, che è in realtà un dinamometro, può essere tarata in modo da indicare la massa in kg, ottenuta dividendo il peso in N per 9,8.

### LA FORZA ELASTICA

Il **dinamometro** è una molla con una scala graduata associata, che è costruita in base alla *legge degli allungamenti elastici (legge di Hooke)*:

- l'allungamento della molla è direttamente proporzionale alla forza applicata (fig.1):



$$F = k \cdot \Delta l$$

$F$  = forza [N]

$\Delta l$  = allungamento =  $l - l_0$  [m]

$k$  = costante elastica della molla [N/m]

Una molla che viene deformata reagisce con una forza uguale e opposta, che tende a riportarla nella posizione iniziale. Se però la forza applicata è troppo grande, la molla resta deformata e non segue più la legge di Hooke. Si dice che sono stati superati i *limiti di elasticità*.

fig.1

### L'ATTRITO

Ogni volta che le superfici di due corpi vengono a contatto nasce una **forza di attrito**. Ne esistono di tre tipi diversi:

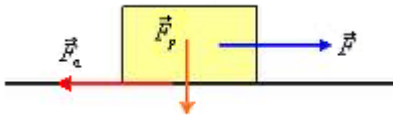
1. **attrito radente**: si esercita fra due superfici che strisciano fra loro
2. **attrito volvente**: compare quando un corpo rotola su una superficie
3. **attrito viscoso**: si ha quando un corpo si muove in un fluido (per esempio aria o acqua)

La forza di attrito è sempre diretta in senso contrario al movimento (fig.2).

L'attrito radente è dovuto alle irregolarità delle superfici a contatto, sempre presenti anche se microscopiche. Quando un blocco di materiale scivola su un piano orizzontale, la forza di attrito radente  $F_R$  ha le seguenti proprietà:

1. direzione parallela al piano;
2. verso opposto al moto;
3. intensità direttamente proporzionale al peso del blocco:

$$F_R = \mu \cdot F_P$$



La costante  $\mu$  si chiama coefficiente di attrito radente. E' un numero puro che dipende dal materiale e dalle condizioni delle superfici.

fig.2

## 2.2 - I VETTORI

Per definire una forza occorre specificare, oltre alla sua *intensità*, anche la *direzione* e il *verso*. Si dice allora che la forza è una *grandezza vettoriale*.

Una **grandezza** fisica si dice **vettoriale** se è definita da:

- **INTENSITA'**
- **DIREZIONE**
- **VERSO**

Sono grandezze vettoriali: forza, spostamento, velocità, accelerazione, ecc.

Le grandezze vettoriali si rappresentano quindi con una freccia (**vettore**):



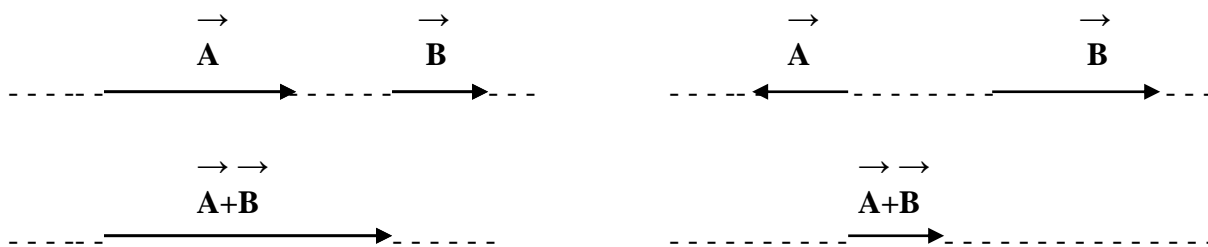
- l'**intensità** è la lunghezza della freccia;
- la **direzione** è la retta su cui si trova la freccia;
- il **verso** è la punta della freccia.

Una **grandezza** fisica si dice **scalare** quando per definirla è sufficiente un numero (**intensità**).

Sono grandezze scalari: tempo, massa, lunghezza, volume, densità, ecc.

### SOMMA DI VETTORI

Le grandezze scalari si sommano algebricamente (come numeri). Le grandezze vettoriali, invece, possono essere sommate come numeri solo se hanno la stessa direzione (fig.3).



Stessa direzione e stesso verso

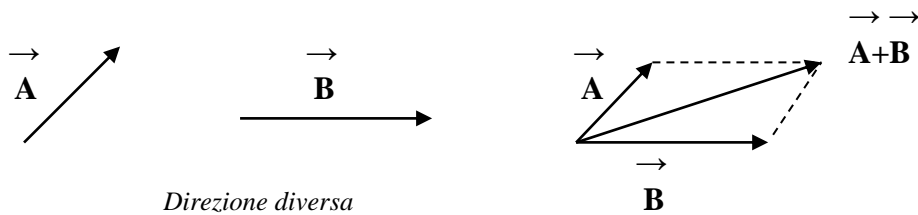
Stessa direzione e verso opposto

fig.3

Se non hanno la stessa direzione, per sommare due vettori occorre uno dei seguenti metodi grafici:

**1. Regola del parallelogramma (fig.4):**

- si riportano i vettori con l'origine in comune
- si tracciano le parallele, in modo da formare un parallelogramma
- si traccia la diagonale con la stessa origine, che è la somma cercata (vettore *risultante*).



Direzione diversa

fig.4

**2. Metodo punta-coda (fig.5):**

- si riportano i vettori uno di seguito all'altro (punta con coda);
- si unisce la coda del primo con la punta del secondo, ottenendo il vettore *risultante*.



Direzione diversa

fig.5

Questo metodo è molto utile quando i vettori da sommare sono più di due (fig.6):

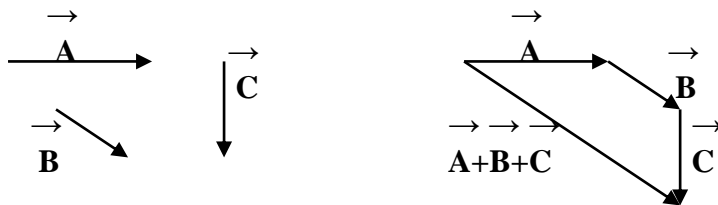
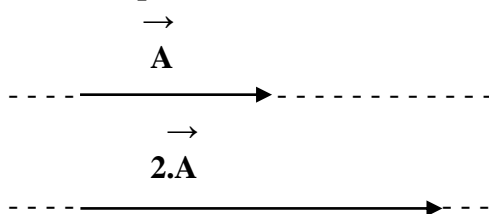


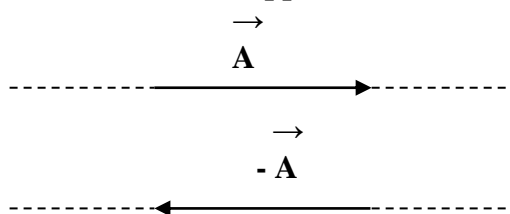
fig.6

**ALTRE OPERAZIONI CON I VETTORI**

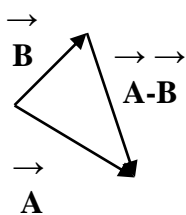
**Prodotto per un numero:**



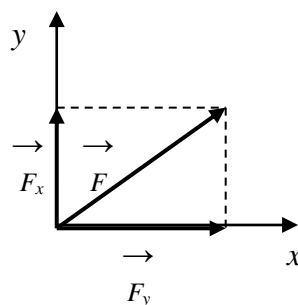
**Vettore opposto:**



**Differenza di vettori:**



**Componenti di un vettore:**



E' l'operazione inversa della somma: data la forza  $F$ , si trovano le sue componenti  $F_x$  e  $F_y$  secondo le direzioni assegnate  $x$  e  $y$ .

fig.7

## 2.3 - L'EQUILIBRIO DEI SOLIDI

### IL PUNTO MATERIALE E IL CORPO RIGIDO

Il *punto materiale* e il *corpo rigido* sono *modelli*, cioè descrizioni semplificate di oggetti reali.

Il *punto materiale* è un corpo solido molto piccolo rispetto all'ambiente in cui si muove, che quindi può essere considerato come un punto, detto materiale perché ha una massa.

Il *corpo rigido* è un oggetto esteso che non si deforma, qualunque sia la forza applicata. Si tratta di un'approssimazione, perché nessun corpo è del tutto indeformabile.

### EQUILIBRIO DEL PUNTO MATERIALE

Un punto materiale può solo *traslare*.

→ **Un punto materiale è in equilibrio se la risultante delle forze applicate è zero.**

Un punto materiale può essere *vincolato*. Un *vincolo* è un oggetto che impedisce un movimento, esercitando una forza, detta *reazione vincolare*, proporzionata alla forza attiva che agisce su di esso. Nella risultante delle forze sono comprese anche le forze vincolari.

Per esempio, un corpo appoggiato su un piano inclinato può essere considerato come un punto materiale obbligato a muoversi sul piano inclinato, che è un vincolo (fig.1). Al corpo sono applicate tre forze: la forza peso  $F_P$  verso il basso, la forza vincolare  $F_V$  perpendicolare al piano, la forza equilibrante  $F_E$  parallela al piano. La forza vincolare equilibra esattamente la componente del peso perpendicolare al piano, mentre la forza equilibrante deve uguagliare la componente parallela.

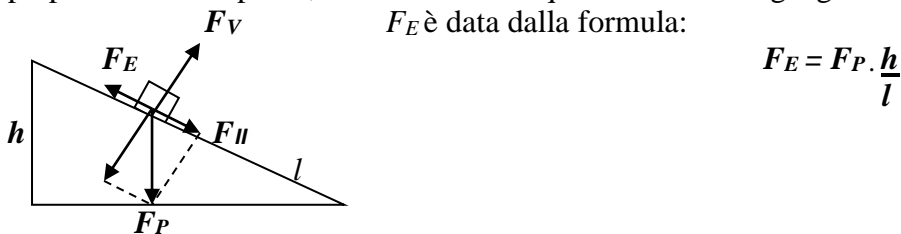


fig.8

### EFFETTO DI ROTAZIONE DELLE FORZE: MOMENTO

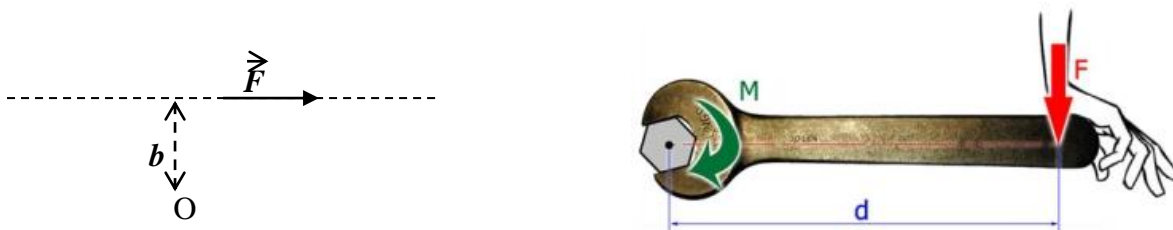
Per descrivere l'effetto di rotazione delle forze occorre definire una nuova grandezza fisica: il *momento*.

Il **momento di una forza**  $\vec{F}$  è il prodotto della forza  $F$  per il braccio  $b$ :

$$M = F \cdot b$$

L'unità di misura è N . m.

Il momento si calcola rispetto a un punto. Il braccio è la distanza fra il punto e la retta di applicazione della forza (fig.2).

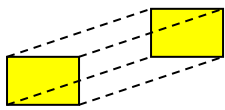


Il momento è direttamente proporzionale alla forza e al braccio, quindi per avere un buon effetto di rotazione occorre applicare una forza grande oppure utilizzare un lungo braccio.

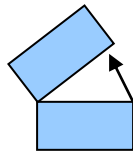
Il momento della forza ha segno positivo quando il senso di rotazione è antiorario, negativo quando è orario.

## EQUILIBRIO DEL CORPO RIGIDO

Un corpo rigido può *traslare* e *rotare* (fig.3).



*traslazione*



*rotazione*

fig.10

—→ **Un corpo rigido è in equilibrio se la risultante delle forze e la risultante dei momenti delle forze applicate è zero.**

Un esempio di applicazione della condizione di equilibrio è quello delle *leve*, che sono dispositivi per amplificare le forze (fig.4).

Una **leva** è un'asta rigida che può ruotare intorno a un punto fisso, detto *fulcro*.

$F$  = forza motrice

$b_F$  = braccio della forza motrice

$R$  = forza resistente

$b_R$  = braccio della forza resistente

Una leva è in equilibrio quando il momento di  $F$  è uguale al momento di  $R$ :

$$F \cdot b_F = R \cdot b_R$$

Si può anche scrivere la proporzione:

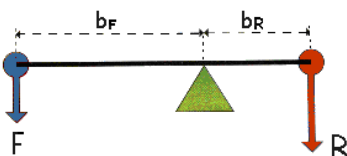
$$F : R = b_R : b_F$$

Per vincere una resistenza maggiore della forza motrice occorre utilizzare un braccio più grande.

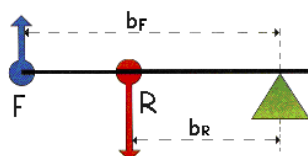
Una leva è *vantaggiosa* se  $F < R$ , cioè se  $b_F > b_R$  (leva di 2° genere)

Una leva è *svantaggiosa* se  $F > R$ , cioè se  $b_F < b_R$  (leva di 3° genere)

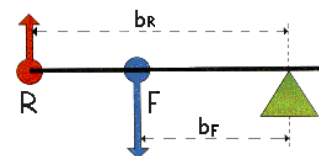
Le leve di 1° genere possono essere vantaggiose o svantaggiose.



*Leva di 1° genere*  
(es. forbici, pinze, altalena)



*Leva di 2° genere*  
(es. Schiaccianoci, carriola)



*Leva di 3° genere*  
(es. Pinze da ghiaccio, braccio)

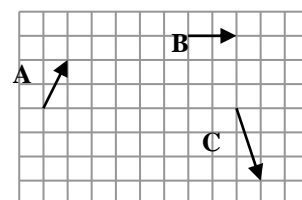
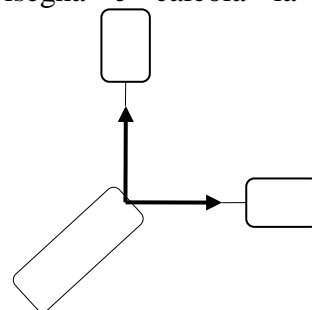
fig.11

## 2.1 - LE FORZE

- 1 Appendo il sacchetto del pane al dinamometro, che segna 8,3 N. Quanti grammi di pane ho comprato?
- 2 Un astronauta sulla Terra ha una massa di 70 kg. Qual è il suo peso? Se si trova sulla Luna, dove la gravità è  $1/6$  di quella terrestre, quali sono la sua massa e il suo peso?
- 3 A una molla di costante elastica  $k = 1000$  N/m è appeso un oggetto del peso di 3 N. Di quanto è allungata?
- 4 Applicando una massa di 4 g un dinamometro si allunga di 8 mm. Quanto vale la costante elastica in unità SI? Con quale forza si allungherebbe di 6 mm?
- 5 Una molla di costante elastica  $k_1 = 1000$  N/m si allunga di 10 cm applicando una forza  $F$ . Di quanto si allungherebbe una seconda molla di costante elastica  $k_2 = 15$  N/cm applicando la stessa forza?
- 6 Vuoi spostare una libreria di massa 90 kg. Il coefficiente di attrito radente fra libreria e pavimento è 0,3. Qual è la minima forza che devi applicare?
- 7 Per trascinare sul tavolo un libro di massa 1,5 kg devi esercitare una forza di 1,3 N. Qual è il coefficiente d'attrito?

## 2.2 - I VETTORI

- 8 In una gara di tiro alla fune Paolo, Marco e Carlo esercitano le forze di 560 N, 480 N e 600 N verso sinistra, mentre Aldo, Franco e Matteo le forze di 550 N, 430 N e 580 N verso destra. Qual è la forza risultante? Qual è il suo verso?
- 9 Un aereo percorre 300 km verso Sud e 400 km verso Ovest. Disegna il vettore spostamento risultante e trova la sua lunghezza.
- 10 Su un foglio a quadretti disegna il vettore  $\mathbf{v}$ , orizzontale, di lunghezza 4 quadretti. Trova i vettori  $2\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{v}/2$ ,  $-3\mathbf{v}$ .
- 11 Su un foglio a quadretti disegna due vettori  $\mathbf{A}$  e  $\mathbf{B}$ , lunghi 6 e 8 quadretti e perpendicolari fra loro. Trova il vettore differenza  $\mathbf{C} = \mathbf{A} - \mathbf{B}$ .
- 12 In figura sono schematizzati due rimorchiatori che trascinano una nave. Ciascuno esercita una forza di  $1,7 \cdot 10^5$  N. Disegna e calcola la forza risultante.
- 13 Dati i vettori in figura, trovanne la risultante con il metodo punta-coda:

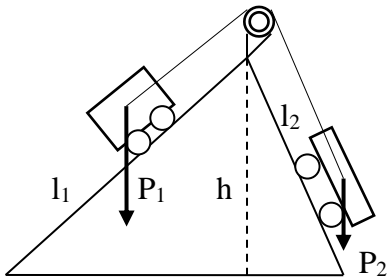


## 2.3 - L'EQUILIBRIO DEI SOLIDI

**14** Un corpo del peso di 300 N si trova su un piano inclinato lungo 6 m. Per mantenerlo in equilibrio occorre una forza parallela al piano di 50 N. Qual è l'altezza del piano inclinato?

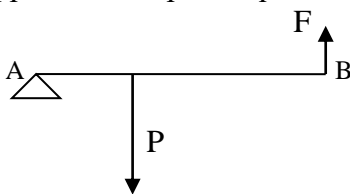
**15** Un uomo deve caricare una botte di 200 kg su un autocarro il cui piano è a 80 cm dal livello stradale. Dato che è in grado di esercitare una forza massima di 800 N, qual è la lunghezza minima necessaria del piano inclinato?

**16** I due carrelli in figura si trovano in equilibrio. Sapendo che  $l_1 = 70$  cm,  $l_2 = 40$  cm,  $h = 30$  cm e  $P_1 = 140$  N, quanto pesa il secondo carrello?

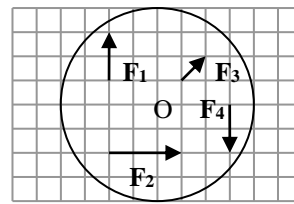


[80 N]

**17** Un'asta rigida AB lunga 1 m può ruotare intorno al suo estremo A. a 30 cm da A è sospeso un peso di 40 kg. Quale forza si deve applicare in B per l'equilibrio?



**18** Calcola il momento risultante rispetto al centro del disco O, sapendo che un quadretto corrisponde a 10 cm.



$F_1 = 10$  N  
 $F_2 = 15$  N  
 $F_3 = 7$  N  
 $F_4 = 10$  N

In che senso ruota il disco?

[200 N.m]

**19** Un tappo a corona esercita sull'apribottiglie una forza resistente di 120 N. Il fulcro si trova a 12 mm dall'orlo del tappo e l'apribottiglie è lungo 84 mm. Quale forza motrice occorre per equilibrare la forza resistente?

[20 N]

**20** Per svitare un bullone da una ruota di un'auto occorre un momento di 150 N.m. Se abbiamo una forza di 300 N, quanto deve essere lunga la chiave inglese?

**21** In una leva di terzo genere i due bracci misurano 80 mm e 55 mm. Se la forza resistente è 5,7 N, qual è l'intensità della forza motrice?

## **MODULO 3**

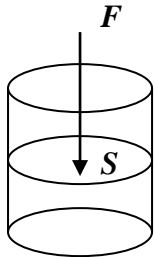
### La pressione e l'equilibrio dei fluidi

– L'equilibrio dei fluidi

### 3.1 - L'EQUILIBRIO DEI FLUIDI

#### LA PRESSIONE

Le forze di cui abbiamo parlato finora erano applicate a corpi *solidi*, che hanno forma e volume propri. Invece i *liquidi* e i *gas*, che nell'insieme si chiamano *fluidi*, prendono la forma del recipiente che li contiene. Quindi per i fluidi non ha significato parlare di forze applicate in un punto, ma occorre mettere il fluido in un contenitore e applicare la forza per esempio su un pistone, esercitando così una *pressione*, cioè una forza per unità di superficie (fig.1).



Definiamo quindi **PRESSIONE** il rapporto fra la forza e la superficie su cui si esercita:

$$p = \frac{F}{S}$$

e nel SI si misura in Pascal: **1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>**.

Un multiplo molto usato del Pascal è il bar: **1 bar = 10<sup>5</sup> Pa**.

Di seguito parliamo di alcune proprietà della pressione nei fluidi.

#### IL PRINCIPIO DI PASCAL

*La pressione esercitata su una superficie di un fluido si trasmette con la stessa intensità a tutti i punti del fluido* (fig.2).

Un'applicazione importante è il *torchio idraulico*, con cui si ottengono grandi forze di compressione (fig.3). Poiché la pressione sul pistone 1 all'equilibrio deve essere uguale a quella sul pistone 2, con una piccola forza sulla superficie minore si ottiene una grande forza sulla superficie maggiore. Sullo stesso principio si basano anche i sollevatori idraulici e i freni a disco.

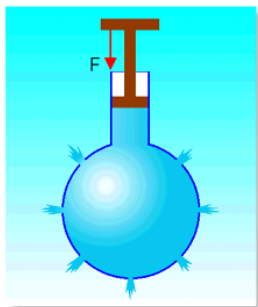


fig.2

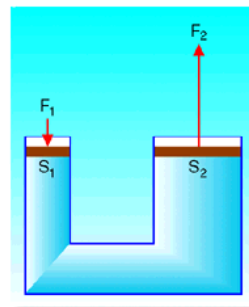


fig.3

#### LA LEGGE DI STEVIN

Anche se non applichiamo forze dall'esterno, a una certa profondità in un fluido c'è sempre una pressione dovuta al peso del fluido stesso (fig.4). Si chiama *pressione idrostatica* ed è data dalla legge di Stevin:

*La pressione idrostatica è direttamente proporzionale alla profondità e alla densità del fluido.*

$$p = d \cdot g \cdot h$$

dove  $d$  = densità  
 $g$  = accelerazione di gravità  
 $h$  = profondità

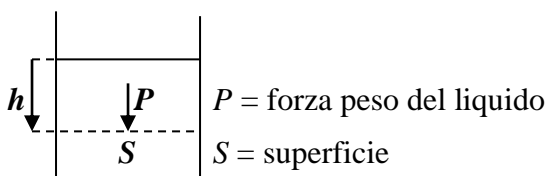


fig.4

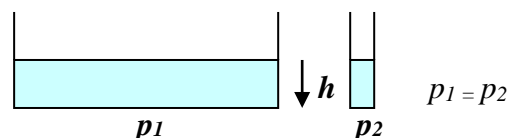
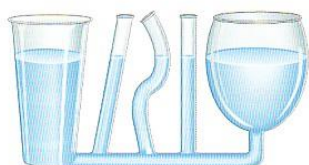


fig.5

Da notare che la pressione idrostatica non dipende dalla quantità di fluido: per esempio sul fondo di una vasca o di una bottiglia c'è la stessa pressione se l'altezza dell'acqua è la stessa (fig.5).

La pressione idrostatica è responsabile delle difficoltà che incontrano i subacquei nell'andare in profondità. Si può calcolare che per ogni 10 m di discesa la pressione aumenta di circa 1 bar.

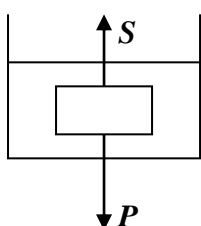


Una conseguenza della legge di Stevin è il *Principio dei vasi comunicanti*, che ci assicura che in recipienti comunicanti fra loro, anche di forma diversa, il liquido raggiunge sempre lo stesso livello (fig.6).

fig.6

### IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

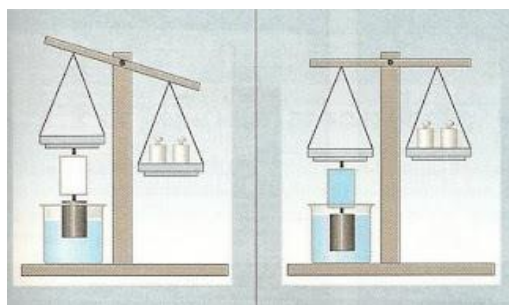
*Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto uguale al peso del liquido spostato.*



Quando un corpo è immerso in un fluido ha un peso apparente  $P'$  minore del peso reale  $P$  (fig. 7):

$$P' = P - S$$

fig.7



Nell'esperimento in figura, se riempiamo d'acqua il cilindro vuoto, che ha lo stesso volume del cilindro pieno, si ristabilisce l'equilibrio, quindi la spinta è proprio uguale al peso di un volume d'acqua uguale a quello del corpo (fig.8).

fig.8

Conseguenza del principio di Archimede sono le *condizioni di galleggiamento*:

Detti  $P$  = peso del corpo e  $S$  = spinta = peso del liquido spostato

Se  $P > S$  il corpo affonda

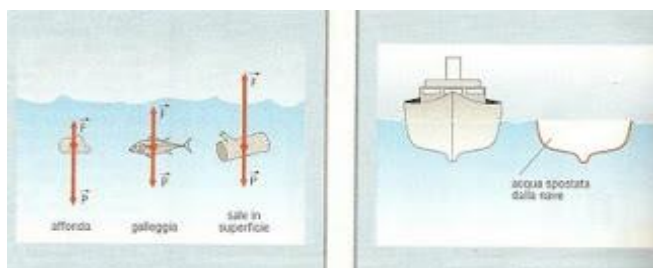
Se  $P < S$  il corpo galleggia

Poiché il peso del corpo e il peso del liquido spostato hanno lo stesso volume, possiamo confrontare i pesi specifici o le densità. Infatti

$$P = p_s \text{ corpo} \cdot V = d_{\text{corpo}} \cdot g \cdot V$$

$$S = p_s \text{ liquido} \cdot V = d_{\text{liquido}} \cdot g \cdot V$$

→ *Un corpo galleggia se ha una densità minore del fluido, affonda se ha una densità maggiore.*



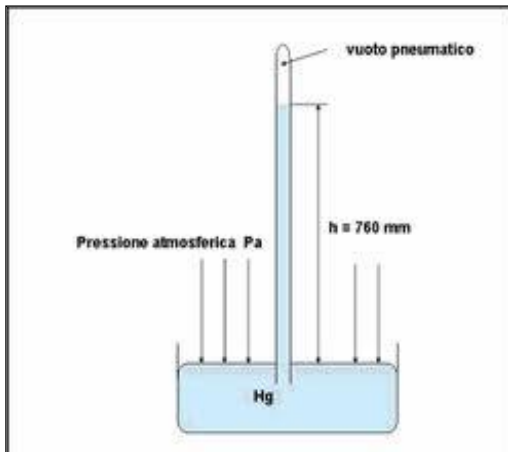
Se però il corpo ha una forma cava, come una nave, riesce a spostare una grande quantità di fluido e quindi galleggia anche se ha un peso specifico elevato (fig.9).

fig.9

## LA PRESSIONE ATMOSFERICA

La Terra è circondata da una miscela di aeriformi, detta “atmosfera”, che si estende fino a un’altezza di un centinaio di chilometri, diventando meno densa con l’altitudine. Il peso di questo strato d’aria esercita una pressione su tutti i corpi in tutte le direzioni, la “pressione atmosferica”.

Il primo che misurò il valore della pressione atmosferica fu Evangelista Torricelli, nel 1644, con un famoso esperimento (fig.10). Un tubo di vetro di circa un metro, chiuso da un lato e pieno di mercurio, viene capovolto in una vaschetta contenente mercurio, senza far entrare aria. Il mercurio scende e si stabilizza a un’altezza di 76 cm (al livello del mare). E’ la pressione atmosferica che alla base della colonnina fa equilibrio alla pressione idrostatica del mercurio del tubo. Si può quindi calcolare la pressione atmosferica attraverso la legge di Stevin:



$$p = d \cdot g \cdot h$$

Sapendo che la densità del mercurio (Hg) è  $13600 \text{ kg/m}^3$ , si trova:

$$p_a = 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 = 101300 \text{ Pa}$$

Questo valore viene chiamato “atmosfera” (atm).

Si ha quindi:

$$1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar} = 1013 \text{ mbar} = 1013 \text{ hPa}$$

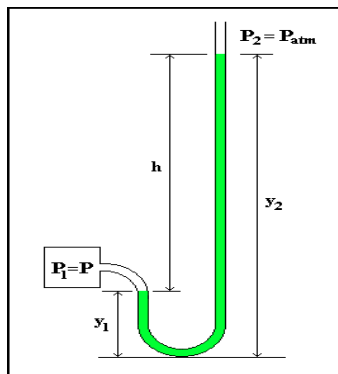
Un’altra unità di misura della pressione è il **mmHg** (millimetro di mercurio) , detto anche **torr**, in onore di Torricelli:

fig.10

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$$

Con l’aumentare della quota la pressione atmosferica diminuisce, perché cambia la composizione e la densità dell’aria.

## LA MISURA DELLA PRESSIONE

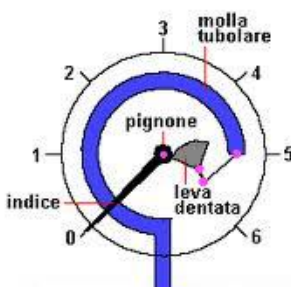


La pressione dei fluidi si misura con il **manometro**, che è uno strumento *differenziale*, perché misura la differenza di pressione fra due ambienti. In fig.11 è schematizzato un **manometro a liquido a tubo aperto**. Nel tubo a U si trova il mercurio. Un ramo del tubo è sottoposto alla pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ), mentre l’altro è collegato al fluido di cui vogliamo misurare la pressione ( $P$ ). Per la legge di Stevin la differenza di pressione fra i due rami è data da:

$$P_{atm} - P = d \cdot g \cdot h$$

dove  $h = y_2 - y_1$

fig.11



Ci sono poi i **manometri metallici**, come il manometro Bourdon (fig.12), che sfrutta la deformazione causata da una differenza di pressione su un tubo cavo a forma di anello. Una delle estremità del tubo è chiusa e collegata a un indice, l’altra è in comunicazione con il fluido. La differenza di pressione fra interno ed esterno del tubo fa spostare l’indice su una scala.

fig.12

# Esercizi

## MODULO 3

### 3.1 - L'EQUILIBRIO DEI FLUIDI

- 1** Un uomo del peso di 85 kg quando è sugli sci ha un'area di appoggio di  $30 \text{ dm}^2$ , mentre quando ha solo gli scarponi copre  $2 \text{ dm}^2$  di superficie. Calcola la pressione in Pascal che l'uomo esercita sulla neve nei due casi.
- 2** Calcola la pressione che esercita sul pavimento un tavolo con piano di marmo di  $130 \text{ kg}$  sapendo che le quattro gambe hanno sezione quadrata di lato  $3 \text{ cm}$ .  
[ $3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ]
- 3** Un corpo di massa  $72 \text{ kg}$  esercita sul suolo una pressione di  $12 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ . Qual è l'area della base d'appoggio?
- 4** In un torchio idraulico i due pistoni hanno superfici di  $12 \text{ cm}^2$  e  $70 \text{ cm}^2$ . Se viene applicata una forza di  $130 \text{ N}$  al pistone piccolo, quale forza verso l'alto si produce sul pistone grande?
- 5** Un'auto del peso di  $980 \text{ kg}$  poggia su una superficie di  $80 \text{ cm}^2$  e viene sollevata con una forza di  $1 \text{ kg}$ . Qual è l'area della sezione minore del ponte elevatore?
- 6** Il manometro di un sub in immersione misura una differenza di pressione rispetto all'esterno di  $2,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ . A che profondità si trova? ( $d = 1028 \text{ kg/m}^3$ )
- 7** Un sommergibile è in immersione con la torretta alla profondità di  $20 \text{ m}$ . Sapendo che l'acqua del mare ha una densità di  $1028 \text{ kg/m}^3$ , calcola la pressione a cui è sottoposto e la forza che agisce sul portellone della torretta, di area  $0,5 \text{ m}^2$ .
- 8** Una sferetta di ferro ( $d = 7880 \text{ kg/m}^3$ ) di massa  $30 \text{ g}$  è immersa in acqua. Calcola la spinta di Archimede.  
[ $3,8 \text{ g}$ ]
- 9** Un blocchetto di piombo di  $270 \text{ g}$  ( $d = 11300 \text{ kg/m}^3$ ), appeso a un dinamometro, viene immerso completamente in acqua. Quale forza si legge sul dinamometro?  
[ $246 \text{ g}$ ]
- 10** Un oggetto di metallo di  $250 \text{ g}$ , ha un peso apparente di  $218,2 \text{ g}$  quando è immerso in acqua. Qual è la densità del metallo?  
[ $7860 \text{ kg/m}^3$ ]
- 11** Per misurare la densità di un certo liquido uno studente appende a un dinamometro un cilindretto di acciaio ( $d = 7800 \text{ kg/m}^3$ ) di  $500 \text{ g}$  e lo immerge nel liquido. Lo strumento indica  $3,9 \text{ N}$ . Qual è la densità del liquido?  
[ $1590 \text{ kg/m}^3$ ]
- 12** Una nave carica ha una massa di  $10^7 \text{ kg}$ . Qual è il volume della parte immersa nel mare ( $d = 1028 \text{ kg/m}^3$ )?
- 13** Volendo utilizzare l'acqua al posto del mercurio nel barometro di Torricelli, quale sarebbe l'altezza raggiunta misurando la pressione atmosferica normale?
- 14** Un barometro di Torricelli indica una pressione di  $350 \text{ mmHg}$ . Esprimi la pressione in Pascal e in atmosfere.
- 15** Qual è il peso della colonna d'aria sulla copertina di un libro di superficie  $500 \text{ cm}^2$ ?
- 16** Nel controllare la pressione delle gomme del motorino col manometro a colonna di un distributore, vedi salire il mercurio a  $114 \text{ cm}$  di altezza. Che pressione indica lo strumento, in atmosfere e in bar?
- 17** Il dislivello tra i due rami di un manometro a tubo aperto è di  $5 \text{ cm}$ . Qual è la differenza di pressione misurata dal manometro?

## **MODULO 4**

### Le forze e il movimento

- I moti rettilinei
- Le forze e il movimento

## 4.1 – I MOTI RETTILINEI

### IL MOVIMENTO

Finora ci siamo occupati degli effetti statici delle forze, cioè dell'equilibrio dei corpi (*Statica*). Vediamo ora quali sono gli effetti dinamici, studiando le forze che sono la causa di un certo movimento (*Dinamica*). Iniziamo con la descrizione di alcuni semplici moti (*Cinematica*).

In generale diciamo che un corpo è in movimento quando la sua posizione rispetto a un altro, preso come riferimento, varia nel tempo.

ESEMPIO: In stazione con un treno in partenza.

Se siamo a terra vediamo la stazione “ferma” e il treno partire. Se invece siamo sul treno abbiamo la sensazione che il treno sia fermo e che la stazione sia in movimento.

Quindi per dire che un corpo è in movimento, prima di tutto bisogna stabilire rispetto a cosa è in movimento. Possiamo affermare che il concetto di moto di un corpo non è assoluto ma relativo a un dato sistema di riferimento.

Come nella statica, anche per il movimento un oggetto può essere studiato con il modello del **punto materiale** se è molto piccolo rispetto allo spazio in cui si muove.

Si chiama **traiettoria** la linea formata dalle posizioni occupate da un punto materiale in movimento.

Nel seguito ci occupiamo di **moti rettilinei**, cioè di quelli che hanno come traiettoria un segmento di retta.

### LA VELOCITA'

La prima grandezza che incontriamo nello studio del moto di un corpo è la velocità.

Consideriamo un corpo che percorre uno spazio  $\Delta s$  in un intervallo di tempo  $\Delta t$ ; diremo che il corpo si è mosso con una velocità media  $v_m$

$$v_m = \Delta s / \Delta t$$

Quindi si definisce **velocità media**:

*il rapporto tra lo spazio percorso dal corpo e il tempo impiegato a percorrerlo*

Dalla definizione si deduce che nel Sistema Internazionale l'unità di misura della velocità è il **metro al secondo** [m/s]. Tuttavia è molto utilizzato anche il chilometro all'ora [km/h]. Per passare da un'unità all'altra osserviamo che

$$1 \text{ m/s} = 3600 \text{ m/h} = 3,6 \text{ km/h}$$

Quindi:

- per passare da m/s a km/h si moltiplica per 3,6

- per passare da km/h a m/s si divide per 3,6

Osserviamo che la velocità media sopra definita non dà informazioni su come si muove il corpo in ogni istante, ma solo un'indicazione media, come se il corpo fosse sempre andato a quella velocità.

La velocità del corpo in un certo istante si chiama **velocità istantanea** e la possiamo immaginare come una velocità media in un intervallo di tempo molto piccolo.

### MOTO RETTILINEO UNIFORME

Un corpo si muove di **moto rettilineo uniforme** quando:

- La traiettoria è su una retta (*rettilineo*)
- La velocità è costante (*uniforme*)

In questo caso la velocità media è la stessa in ogni intervallo di tempo e corrisponde quindi alla velocità che ha il corpo in ogni istante:

$$v = s / t = \text{costante}$$

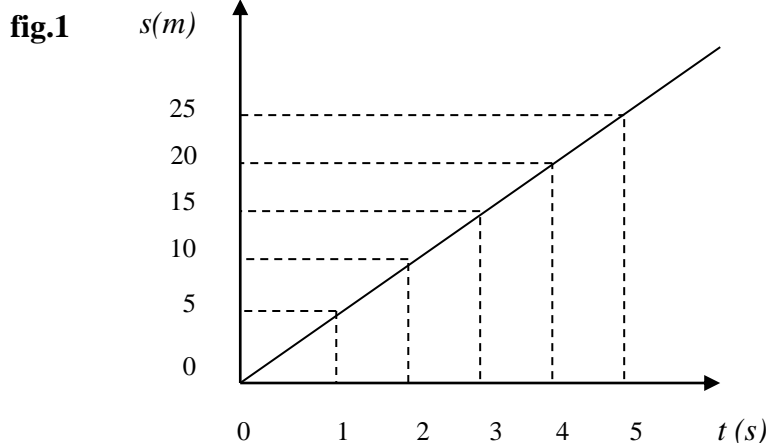
Se il rapporto tra gli spazi percorsi e i corrispondenti intervalli di tempo è costante si può anche dire che *il corpo percorre spazi uguali in tempi uguali*. Osserviamo quindi che

☞ se la velocità è costante, lo spazio e il tempo sono **direttamente proporzionali**.

**OSSERVAZIONE:** Due grandezze si dicono *direttamente proporzionali* quando all'aumentare dell'una, aumenta anche l'altra, mantenendo il rapporto costante. Il grafico che le rappresenta è una retta passante per l'origine degli assi.

Per esempio, la tabella e il grafico seguenti (fig.1) rappresentano il moto uniforme di un corpo. Come si vede, si misura lo spazio percorso a partire dalla posizione occupata nell'istante iniziale, cioè quando si aziona il cronometro ( $s = 0$  quando  $t = 0$ ).

$t(s)$	$s(m)$
0	0
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25



Calcoliamo la velocità:

$$v = s/t = 5/1 = 10/2 = 15/3 = 5 \text{ m/s}$$

Come si vede il rapporto fra spazio e tempo è costante e rappresenta la velocità.

La legge che rappresenta la posizione di un corpo al variare del tempo si chiama **legge oraria**.

☞ **Per il moto rettilineo uniforme, se lo spazio percorso è 0 al tempo 0, la legge oraria è:**

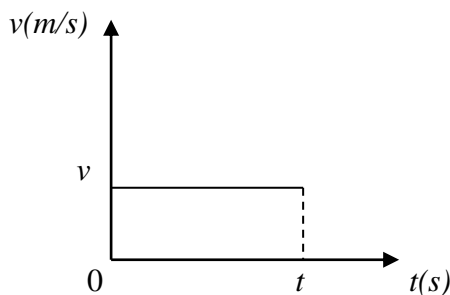
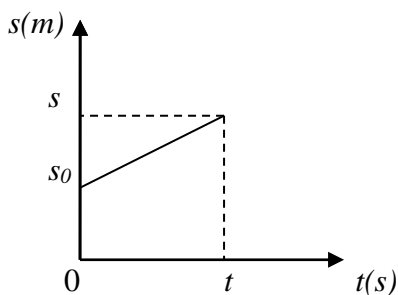
$$s = v \cdot t$$

Il diagramma orario ( $s,t$ ) del moto rettilineo uniforme è una retta che passa per l'origine degli assi e la pendenza della retta rappresenta la velocità con cui il corpo si muove.

Se il corpo che stiamo studiando al momento di far partire il cronometro ha già percorso uno spazio  $s_0$ , allora la legge oraria è:

$$s = v \cdot t + s_0$$

Il diagramma orario in questo caso è una retta che non passa per l'origine, ma per il punto  $s_0$  (fig.2).



In un moto uniforme il diagramma della velocità, che rimane sempre costante, è una retta parallela all'asse dei tempi (fig.3). L'area del rettangolo che così si forma rappresenta lo spazio totale percorso (base x altezza =  $v \cdot t = s$ ).

## L'ACCELERAZIONE

In generale un corpo in movimento cambia la sua velocità, perché parte, si ferma, frena o accelera. In questo caso il moto non è uniforme, ma si parla di **moto vario**. La velocità varia nel tempo e si dice allora che il corpo accelera o decelera se la velocità aumenta o diminuisce.

L'**accelerazione media** è

il rapporto tra la variazione di velocità e l'intervallo di tempo

$$a_m = \Delta v / \Delta t$$

Si può anche scrivere:

$$a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

L'accelerazione misura quindi la rapidità con cui varia la velocità.

Ricaviamo dalla definizione l'unità di misura dell'accelerazione nel Sistema Internazionale:

$$\frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s} \cdot \text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

L'unità di misura è quindi il **metro al secondo quadrato** [ $\text{m/s}^2$ ]. Dire che un oggetto ha un'accelerazione di  $1 \text{ m/s}^2$  significa che la sua velocità aumenta al ritmo di  $1 \text{ m/s}$  ogni secondo.

Se la velocità diminuisce ( $v_2 < v_1$ ), l'accelerazione è *negativa*, cioè il corpo *decelera* (frena).

## MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Il più semplice moto rettilineo accelerato è il **moto uniformemente accelerato**, in cui

➤ L'accelerazione è costante

$$a_m = \Delta v / \Delta t = \text{costante}$$

Si tratta di un moto in cui la velocità cresce in modo uniforme, variando della stessa quantità in intervalli di tempo uguali. Si può quindi dire che

☞ In un moto uniformemente accelerato, la variazione di velocità è **direttamente proporzionale** all'intervallo di tempo.

### 1° caso: PARTENZA DA FERMO

Se all'istante iniziale il corpo è fermo (cioè se la velocità è 0 al tempo 0), si può dire che la velocità è direttamente proporzionale al tempo e si scrive:

$$a = v / t = \text{costante}$$

da cui la legge della velocità:

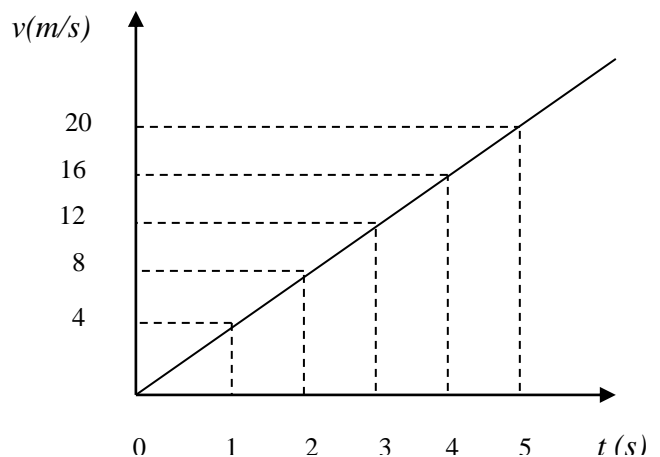
$$v = a \cdot t$$

Se la rappresentiamo in un diagramma  $v - t$  otteniamo una retta passante per l'origine (fig.4).

La pendenza della retta rappresenta l'accelerazione.

$t(\text{s})$	$v(\text{m/s})$
0	0
1	4
2	8
3	12
4	16
5	20

fig.4



Calcoliamo l'accelerazione e verifichiamo che è costante:  $a = v/t = 4/1 = 8/2 = 12/3 = 4 \text{ m/s}^2$ .

Resta da ricavare la legge oraria del moto uniformemente accelerato, cioè la relazione fra spazio e tempo. Osservando la figura, vediamo che il grafico della velocità forma con l'asse dei tempi un triangolo. Possiamo trovare lo spazio percorso calcolandone l'area.

$$s = \text{area} = \frac{\text{base} \times \text{altezza}}{2} = \frac{v \cdot t}{2}$$

Ricordando che  $v = a \cdot t$  otteniamo:

$$s = \frac{a \cdot t \cdot t}{2} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

☞ Per il moto uniformemente accelerato, se la velocità iniziale è 0 la legge oraria è:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Alla stessa legge si arriva anche attraverso una semplice considerazione. Nel tempo  $t$  la velocità cresce da 0 a  $v$ , con un valore medio pari a  $v_m = (0 + v)/2 = v/2$ . Lo spazio percorso si può quindi calcolare:

$$s = v_m \cdot t = \frac{v}{2} \cdot t$$

che è la stessa formula usata per l'area del triangolo.

Riassumendo, lo spazio percorso si può ricavare in 3 modi equivalenti (con riferimento alla fig.4):

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| 1) con l'area del triangolo:           |                                       | $s = \frac{20 \cdot 5}{2} = 50 \text{ m}$          |
| 2) con la velocità media:              | $v_m = \frac{20}{2} = 10 \text{ m/s}$ | $s = 10 \cdot 5 = 50 \text{ m}$                    |
| 3) con l'accelerazione (legge oraria): | $a = \frac{20}{5} = 4 \text{ m/s}^2$  | $s = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5^2 = 50 \text{ m}$ |

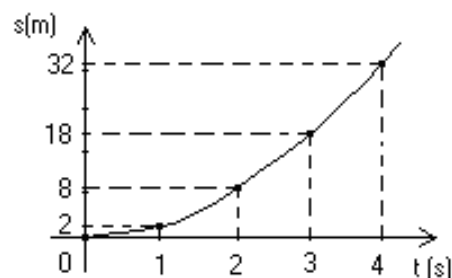
Vediamo ora quale sarà il diagramma orario (s,t) del moto uniformemente accelerato.

Applichiamo la legge oraria

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

per i valori di  $t$  in tabella, ricordando che  $a = 4 \text{ m/s}^2$ .

$t(s)$	$s(m)$
0	0
1	2
2	8
3	18
4	32



Come si vede il grafico è una **parabola**, perché

☞ lo spazio percorso è direttamente proporzionale al **quadrato** del tempo.

### 2° caso: CON VELOCITA' INIZIALE

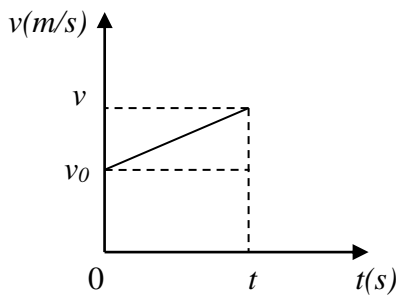
Se al momento di far partire il cronometro il corpo si muove già a una velocità  $v_0$ , l'accelerazione si calcola:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

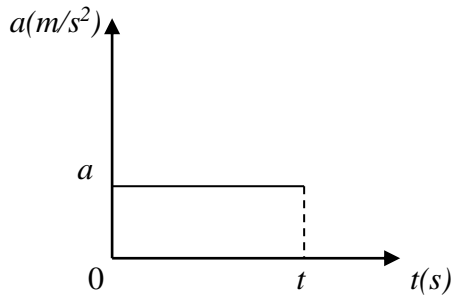
e la legge della velocità diventa:

$$v = a \cdot t + v_0$$

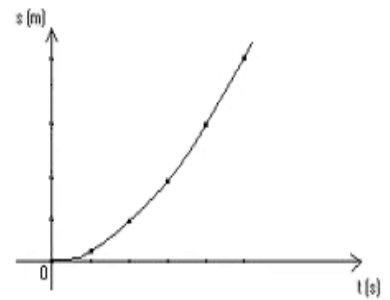
Il diagramma orario in questo caso è una retta che non passa per l'origine, ma per il punto  $v_0$  (fig.5).



**fig.5**



**fig.6**



**fig.7**

In un moto uniformemente accelerato il diagramma dell'accelerazione, che rimane sempre costante, è una retta parallela all'asse dei tempi (fig.6).

Per ricavare la legge oraria osserviamo la figura 5. Questa volta nel grafico si forma un trapezio rettangolo con base minore  $v_0$ , base maggiore  $v$  e altezza  $t$ . L'area si calcola allora:

$$s = \text{area} = \frac{(B + b) \times h}{2} = \frac{(v + v_0) \cdot t}{2}$$

Sostituendo  $v = a \cdot t + v_0$ , dopo alcuni passaggi si trova che:

☞ **Per il moto uniformemente accelerato con velocità iniziale  $v_0$  la legge oraria è:**

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Per capire la formula, osserviamo che il trapezio è formato da un rettangolo e da un triangolo. L'area del rettangolo è  $v_0 \cdot t$ , mentre l'area del triangolo è  $\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ .

Come nel caso di partenza da fermo, anche per la legge completa il diagramma (s,t) è una parabola (fig.7).

Ricapitolando, le leggi del moto uniformemente accelerato sono le seguenti:

<i>con partenza da fermo</i>	<i>con velocità iniziale <math>v_0</math></i>
$v = a \cdot t$	$v = a \cdot t + v_0$
$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$	$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

### UN PARTICOLARE MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO: LA CADUTA LIBERA

Un esempio di moto uniformemente accelerato è continuamente sotto i nostri occhi: è il moto di caduta di tutti gli oggetti a causa della forza di gravità, le cui leggi sono state studiate per la prima volta da Galileo. Il moto è ostacolato dalla resistenza dell'aria, per cui è diverso per oggetti che non hanno la stessa forma e lo stesso peso. Se potessimo sperimentare nel vuoto (*caduta libera*) vedremmo una piuma e una pallina raggiungere il suolo insieme. Se l'attrito dell'aria è trascurabile, sulla Terra

☞ **Tutti i corpi cadono con la stessa accelerazione costante, detta accelerazione di gravità**

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Questo è un valore medio (a livello del mare e 45° di latitudine). In realtà  $g$  diminuisce lentamente con la quota e aumenta dall'equatore ai poli, ma solo dello 0,5% circa.

La velocità di un corpo in caduta libera aumenta quindi di 9,81 m/s ogni secondo, mentre in presenza di resistenza dell'aria il moto è accelerato solo inizialmente, finché l'attrito aumenta tanto da equilibrare il peso del corpo, che continua così a cadere a velocità costante (*velocità limite*).

Per la caduta libera, partendo da fermi, le leggi del moto possono essere scritte:

<i>Caduta libera</i>
$v = g \cdot t$
$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

con  $h$  = altezza di caduta.

Infine, se lanciamo un oggetto verso l'alto il moto sarà uniformemente decelerato con accelerazione  $-9,81 \text{ m/s}^2$ .

## 4.2 – LE FORZE E IL MOVIMENTO

La **dinamica** è la parte della Fisica che studia il moto dei corpi, per effetto delle forze applicate. Essa si fonda su tre principi, formulati nel '600 dal fisico inglese Isaac Newton:

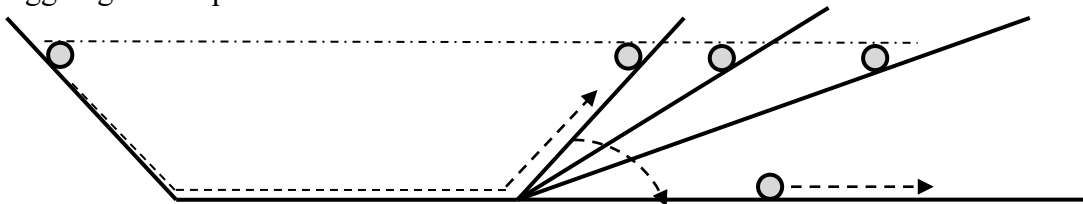
- Il primo principio, o *principio d'inerzia*
- Il secondo principio, o *legge fondamentale della dinamica*
- Il terzo principio, o *principio di azione e reazione*

La dinamica di Newton descrive efficacemente sia i movimenti dei pianeti che quelli dei corpi sulla Terra, mentre non è applicabile alla fisica atomica e delle particelle elementari.

### IL 1° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

E' stato enunciato per la prima volta nel 1638 da Galileo Galilei, che attraverso il suo metodo scientifico è riuscito a dedurre questa legge dall'esperienza, nonostante gli scarsi mezzi sperimentali a sua disposizione. Ha infatti potuto solo immaginare cosa succederebbe a un corpo in movimento in assenza totale di attriti, attraverso il seguente esperimento ideale:

Una pallina viene lasciata scendere lungo un piano inclinato senza attrito e poi fatto risalire su un secondo piano inclinato. Si osserva che la pallina raggiunge l'altezza iniziale. Se diminuiamo progressivamente l'inclinazione del secondo piano la pallina percorrerà ogni volta più spazio ma raggiungerà sempre l'altezza iniziale.



Al limite, quando il secondo piano diventa orizzontale, la pallina continuerà a muoversi all'infinito.

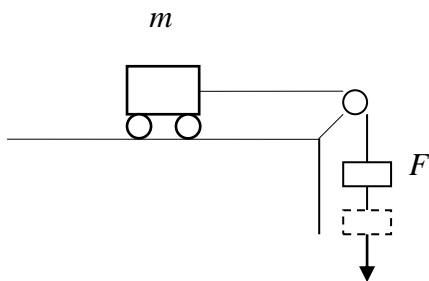
La formulazione definitiva del 1° **principio**, detto anche *principio d'inerzia*, è dovuta a Isaac Newton, ed è la seguente:

→ **Se la risultante delle forze applicate è nulla, il corpo mantiene il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.**

Osservazione: Il moto rettilineo uniforme è il moto naturale di un corpo su cui non agiscono forze.

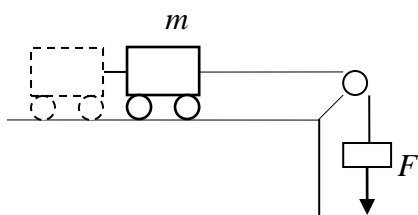
### IL 2° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

Possiamo verificare che un corpo a cui è applicata una forza cambia la sua velocità. L'effetto della forza è quindi un'accelerazione. Il 2° principio indica qual è la relazione fra forza applicata e accelerazione. Possiamo ricavarla sperimentalmente:



1) Misuriamo l'accelerazione di un corpo sottoposto a una forza e ripetiamo la misura aumentando ogni volta l'intensità della forza  $F$ . Con un peso doppio ( $2F$ ), raddoppia anche l'accelerazione ( $2a$ ). Quindi:

→ l'accelerazione è direttamente proporzionale alla forza



2) Ripetiamo ora l'esperimento applicando la stessa forza  $F$  a corpi di massa sempre più grande. Se per esempio raddoppiamo la massa  $m$  del carrello in figura l'accelerazione diventa la metà. Quindi:

→ l'accelerazione è inversamente proporzionale alla massa

In conclusione possiamo enunciare così il 2° principio:

→ **Se la risultante delle forze applicate non è zero, il corpo acquista un'accelerazione direttamente proporzionale alla forza e inversamente proporzionale alla massa, nella direzione e nel verso della forza.**

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \text{oppure} \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

L'ultima frase ci ricorda che accelerazione e forza sono vettori, per cui si tratta di una relazione vettoriale.

Da questa legge si definisce l'unità di misura della forza nel S.I., il Newton (N):

*1 N è la forza che applicata alla massa di 1 kg le imprime l'accelerazione di 1 m/s<sup>2</sup>.*

Osservazione: Il 1° principio è contenuto nel 2° come caso particolare: se  $F = 0$  anche  $a = 0$ .

Proviamo ora ad applicare la legge al caso della forza peso. Ricaviamo la relazione fra massa e peso di un corpo:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Infatti la forza agente su un corpo in caduta libera è la sua forza peso  $P$ , mentre l'accelerazione è quella di gravità  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Dato che  $g$  è la stessa per tutti i corpi che cadono nel vuoto, il peso e la massa sono direttamente proporzionali. Per questo motivo spesso li confondiamo, dimenticando che si tratta di due proprietà diverse: la massa è una proprietà *intrinseca* dei corpi, mentre il peso è la forza di gravità, che come si sa varia con il luogo. La massa si misura in  $kg$ , mentre il peso, che è una forza, deve essere misurato in  $N$ . La massa di 1  $kg$  pesa 9,8  $N$ .

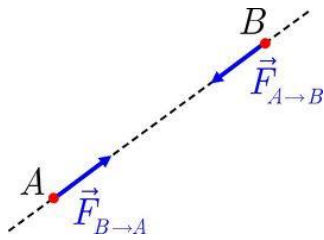
### IL 3° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

Una forza è sempre conseguenza di un'*interazione*, cioè di un'azione reciproca fra due corpi. Ogni volta che un corpo A esercita una forza su un corpo B, anche B esercita una forza su A. Alcuni esempi:

- Per fare un salto esercitiamo una forza sul pavimento, che ci restituisce la spinta verso l'alto.
- Quando un fucile spara, all'azione sul proiettile corrisponde una reazione sulla spalla del tiratore, chiamata rinculo.
- Su questo principio si basa il funzionamento dei motori a reazione: alla forza esercitata sui gas espulsi all'indietro corrisponde la spinta in avanti.

Possiamo allora dire che una forza non esiste mai da sola. La relazione fra le due forze è data dal **3° principio** della dinamica, detto anche *principio di azione e reazione*:

→ *Se un corpo A esercita una forza su un corpo B, anche B esercita su A la stessa forza in verso opposto*



$$\vec{F}_{AB} = - \vec{F}_{BA}$$

# Esercizi

## MODULO 4

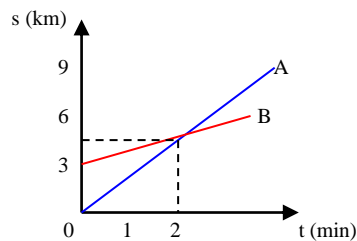
### 4.1 – I MOTI RETTILINEI

**1** Nel 2009 Usain Bolt ha corso i 100 m piani in 9,58 s. Quale è stata la sua velocità media in m/s? E in km/h?

**2** Quanta strada ha percorso in un'ora e mezza un ciclista che ha tenuto una velocità media di 28 km/h?

**3** Durante una gara di Formula 1 un'auto percorre il circuito di Monza (5793 m) a una velocità media di 234 km/h. In quanto tempo conclude i 53 giri della gara?  
[1 h 18 min 43,5 s]

**4** Il grafico rappresenta il moto di due automobili. Calcola le due velocità. Che cosa succede nel punto d'intersezione?



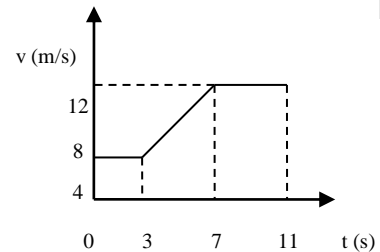
**5** Un atleta sta correndo alla velocità costante di 18 km/h e fa partire il cronometro del suo orologio dopo 200 m. Qual è la sua posizione dopo 1 minuto? Disegna il diagramma spazio-tempo.  
[500 m]

**6** Un aereo di linea raggiunge la velocità di decollo di 60 m/s in 30 s. Qual è la sua accelerazione media?

**7** Un razzo si stacca dalla piattaforma di lancio e sale lungo la verticale con un'accelerazione di  $10 \text{ m/s}^2$ . Che velocità avrà dopo 8,5 s?

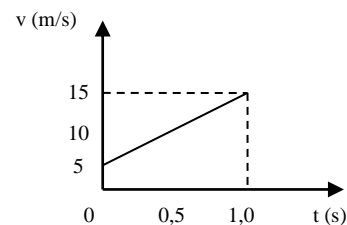
**8** Un'auto viaggia a 108 km/h, poi inizia a frenare diminuendo la velocità di 1,5 m/s ogni secondo. Dopo quanto tempo si fermerà? Quale sarà lo spazio di frenata?  
[20 s; 300 m]

**9** Il grafico velocità-tempo di un punto in moto è rappresentato in figura. Descrivi le tre fasi e calcola lo spazio totale percorso.  
[92 m]



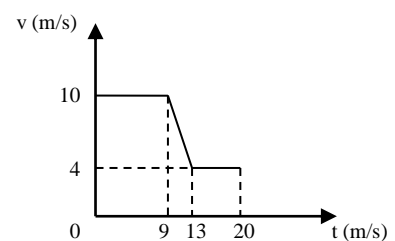
**10** Un corpo si muove alla velocità di 30 m/s e accelerando uniformemente percorre 200 m in 10 s. Calcola l'accelerazione e la velocità raggiunta.  
[4 m/s<sup>2</sup>; 70 m/s]

**11** È dato il moto rappresentato nel grafico.



Qual è la velocità iniziale? Qual è l'accelerazione? Calcola lo spazio percorso.  
[10 m/s<sup>2</sup>; 10 m]

**12** Il grafico velocità-tempo di un punto in moto è rappresentato in figura. Descrivi le tre fasi e calcola lo spazio totale percorso.



[146 m]

**13** Un vaso di fiori cade da un'altezza di 12 m. Dopo quanto tempo tocca il suolo? Con quale velocità?

[1,6 s; 15 m/s]

**14** Una palla viene lanciata verso l'alto con velocità iniziale 10,0 m/s. Dopo quanto tempo si ferma? A che altezza arriva?

[1,02 s; 5,10 m]

## 4.2 – LE FORZE E IL MOVIMENTO

**15** Un carrello di massa 25 kg ha ruote con attrito trascurabile. Quale forza dobbiamo applicare per imprimergli un'accelerazione di  $0,95 \text{ m/s}^2$ ?

**16** Una forza di 185 N agisce su una slitta che scivola senza attrito e le imprime un'accelerazione di  $2,1 \text{ m/s}^2$ . Qual è la massa della slitta?

**17** Viene applicata la stessa forza di 200 N per spostare due oggetti, uno di 5 kg e uno di 10 kg. Quale sarà l'accelerazione che tale forza imprimerà sui due corpi?

**18** A un corpo di massa 5 kg, inizialmente fermo, è applicata una forza costante di 12 N. Il corpo raggiunge una velocità di 36 m/s. Quanto spazio ha percorso?

[15 m]

**19** Un corpo si muove su un piano liscio con velocità 18 km/h. A un certo istante gli viene applicata una forza di 14 N, che gli fa raggiungere la velocità di 54 km/h in 20 s. Qual è la massa del corpo? Disegna il diagramma della velocità.

[28 kg]

**20** Un'auto di massa 1200 kg viaggia alla velocità di 90 km/h. Calcola la forza frenante supponendo che riesca a fermarsi in 5 s. Qual è lo spazio di frenata? Disegna il diagramma della velocità.

[6000 N; 62,5 m]

**21** Calcola quale forza bisogna applicare a una moto di 400 kg perché in 25 s raggiunga la velocità di 72 km/h.

[320 N]

**22** Un corpo di massa 2 kg viene spostato di 2 m da una forza nel tempo di 1 s. Calcola la forza e la velocità raggiunta.

[8 N; 4 m/s]

**23** Un oggetto di massa 2 kg striscia con un coefficiente d'attrito  $\mu = 0,15$ . Calcola la forza necessaria perché si muova con un'accelerazione di  $4 \text{ m/s}^2$ .

[5,06 N]

**24** Un disco a ghiaccio secco di massa pari a 240 g ne urta un altro di massa pari a 360 g. Il primo disco acquista un'accelerazione di  $4,2 \text{ m/s}^2$ . Qual è l'accelerazione del secondo disco?

[2,8 m/s<sup>2</sup>]





## Indicazioni per la Relazione di Laboratorio di FISICA

<b>TITOLO</b>	Deve essere molto breve e deve servire a inquadrare l'esperimento.
<b>SCOPO</b>	Si scrivono sinteticamente gli obiettivi dell'esperimento.
<b>SCHEMA</b>	Disegno schematico dell'attrezzatura utilizzata, con legenda.
<b>STRUMENTI UTILIZZATI</b>	Si elencano gli strumenti utilizzati, riportandone SENSIBILITA' e PORTATA.
<b>PROCEDIMENTO</b>	Si descrivono, nell'ordine in cui sono state eseguite, le varie operazioni dell'esperimento.
<b>DATI SPERIMENTALI</b> <i>(Tabella)</i>	I dati sperimentali sono raccolti in una tabella, con l'indicazione delle unità di misura.
<b>ELABORAZIONE DEI DATI</b> <i>(Calcoli, Tabelle, Grafici)</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Si riportano le leggi fisiche da applicare, spiegandone il significato.</li><li>2. Si elaborano i dati sperimentali attraverso le formule, riportando in modo chiaro i calcoli effettuati.</li><li>3. Si raccolgono i risultati in una tabella dei dati elaborati.</li><li>4. In alcuni casi può essere prevista la rappresentazione grafica dei dati su carta millimetrata.</li></ol>
<b>CONCLUSIONI</b>	Si riportano sinteticamente i risultati ottenuti, gli eventuali inconvenienti rilevati e le loro spiegazioni. Si commentano i risultati in relazione a quanto ci si aspettava dalle conoscenze teoriche, valutando se lo scopo dell'esperimento è stato raggiunto.

# INDICE

<b>Modulo 1: GRANDEZZE FISICHE ED ERRORI</b>	<b>1</b>
1.1 – Le grandezze fisiche e la loro misura	2
1.2 – Le incertezze sperimentali	3
<b>Modulo 2: LE FORZE E L'EQUILIBRIO DEI SOLIDI</b>	<b>7</b>
2.1 – Le forze	8
2.2 – I vettori	9
2.3 – L'equilibrio dei solidi	11
<b>Modulo 3: LA PRESSIONE L'EQUILIBRIO DEI FLUIDI</b>	<b>15</b>
3.1 – L'equilibrio dei fluidi	16
<b>Modulo 4: LE FORZE E IL MOVIMENTO</b>	<b>20</b>
4.1 - I moti rettilinei	21
4.2 – Le forze e il moto	26
- Scheda per la relazione di laboratorio	
- Indicazioni per la relazione di laboratorio	