

me  
mo  
RIX

AREA  
scientifica

# Fisica | 1

cinematica, dinamica, meccanica dei fluidi







# memorix

## Fisica 1

cinematica, dinamica, meccanica dei fluidi



Memorix – Fisica 1

Copyright © 2018, 2010, EdiSES S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0  
2022 2021 2020 2019 2018

*Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata*

*A norma di legge è vietata la riproduzione,  
anche parziale, del presente volume o di parte di  
esso con qualsiasi mezzo.*

L'Editore

*Grafica di copertina:*

 curvilinee

*Progetto grafico:*

ProMedia Studio di A. Leano - Napoli

*Fotocomposizione:*

Edises S.r.l. – Napoli

*Stampato presso:*

Vulcanica S.r.l. – Nola (NA)

*per conto della*

EdiSES - Piazza Dante, 89 - Napoli

ISBN 978 88 9362 175 5

[www.edises.it](http://www.edises.it)  
[info@edises.it](mailto:info@edises.it)

Chiari nell'esposizione, esaurienti nei contenuti, gradevoli nella grafica, i Memorix si propongono di agevolare – come il nome stesso suggerisce – il processo di memorizzazione, stimolando nel lettore sia l'attenzione visiva sia la capacità di associazione tra concetti, così da “trattenerli” più a lungo nella mente. Schemi, uso frequente di elencazioni e neretti, parole-chiave, curiosità, brevi raccordi interdisciplinari, test di verifica a fine capitolo: ecco le principali caratteristiche di questi tascabili.

Utili per apprendere rapidamente i concetti base di una disciplina o per ricapitolarne gli argomenti principali, i libri della collana Memorix si rivolgono agli studenti della scuola superiore, a chi ha già intrapreso gli studi universitari, a quanti si accingono ad affrontare un concorso. Ma anche a tutti coloro che vogliono riappropriarsi di conoscenze che la mancanza di esercizio ha affievolito o semplicemente vogliono farsi un'idea su materie che non hanno fatto parte della propria esperienza scolastica o, ancora, vogliono avere a portata di mano uno strumento da consultare velocemente all'occorrenza.

Eventuali aggiornamenti o *errata corrige* saranno resi disponibili online ([www.edises.it](http://www.edises.it)) in apposite sezioni della scheda del volume.

Potete segnalarci i vostri suggerimenti o sottoporci le vostre osservazioni all'indirizzo [redazione@edises.it](mailto:redazione@edises.it)

Questo testo è rivolto a tutti coloro che, dovendo superare un esame di qualsiasi ordine di studi, hanno la necessità di apprendere o rivedere i concetti basilari della meccanica.

Non è stato pensato come un testo sostitutivo di quelli standard propri di un determinato corso di studi, ma piuttosto come una lettura supplementare che possa facilitare il processo di approfondimento attraverso una scrittura chiara, logica e sintetica.

È stato volutamente evitato l'uso dell'analisi matematica nella convinzione che i concetti fisici possano essere compresi con maggiore difficoltà se gli studenti devono cimentarsi contemporaneamente con l'infrastruttura matematica. Tale procedura, comunque, nulla toglie ad una rigorosa trattazione degli argomenti.

Alla fine di ogni capitolo sono stati inseriti problemi e quesiti con lo scopo di verificare il grado di preparazione del lettore.

Ringrazio la Dott.ssa Tiziana Piva per la revisione concettuale e le osservazioni critiche, le Dott.sse Gabriella Amore e Silvia Abussi per l'accuratezza nella composizione del testo e per la qualità dei grafici che tanto hanno contribuito a rendere meno astratta la materia.

Sono molto grato ai miei familiari che mi hanno incoraggiato e sostenuto durante l'intero lavoro.

Desidero inoltre ringraziare la Casa Editrice EdiSES per la fiducia accordatami.

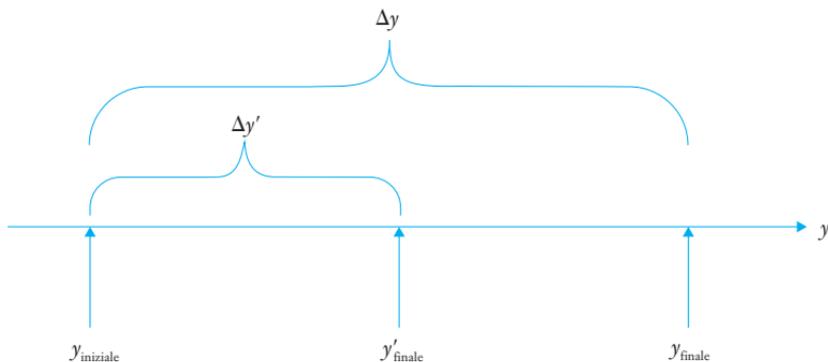
## Premessa

Nel presente testo il simbolo  $\Delta$  (delta) rappresenta la variazione di valore di una grandezza.

Ad esempio la notazione  $\Delta y$  (delta  $y$ ) rappresenta una variazione della grandezza  $y$ ,

$$\Delta y = y_{\text{finale}} - y_{\text{iniziale}}$$

Fissato  $y_{\text{iniziale}}$ , il valore di  $\Delta y$  dipende da quello di  $y_{\text{finale}}$ , come viene evidenziato in figura per due valori diversi di  $y_{\text{finale}}$ .



In questo caso  $\Delta y$  rappresenta un valore determinato. Spesso è necessario far tendere indefinitamente il valore di  $y_{\text{finale}}$  a quello iniziale ( $y_{\text{iniziale}}$ ), per cui  $\Delta y$  diminuisce sempre più, tendendo a zero. Si dice allora che  $\Delta y$  diventa infinitesimo.

Con abuso di scrittura, in entrambi i casi si adopera il simbolo  $\Delta y$ , essendo evidente dal contesto della dimostrazione a quale delle due situazioni ci si riferisce.

La somma di un determinato numero di addendi  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n, \dots$ , ognuno dei quali è distinto da un indice, si indica con il simbolo:

$$\sum_{i=m}^n a_i$$

che si legge “sommatoria rispetto ad  $i$  dei termini  $a_i$  il cui indice è compreso tra  $m$  ed  $n$ , con  $m < n$ ”. La lettera  $\Sigma$  (sigma) viene chiamata simbolo di sommatoria, mentre con  $a_i$  si indica il termine generico di un addendo. L'indice  $i$  può essere sostituito da una qualunque altra lettera ( $j$ ,  $k$ , ecc.) diversa da  $n$ .

La somma dei quadrati dei primi quattro numeri naturali ( $m = 1$ ,  $n = 4$ ) si indica nel modo seguente:

$$\sum_{i=1}^4 i^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2$$

Analogamente, il reciproco dei numeri naturali compresi tra tre e cinque ( $m = 3$ ,  $n = 5$ ) si indica nel modo seguente:

$$\sum_{i=3}^5 \frac{1}{i} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}$$

Per sommare infiniti addendi si usa infine il simbolo:

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_i = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n + \dots$$

# Sommario

## 1. Grandezze fisiche e loro misura

1.1. Definizione operativa delle grandezze fisiche	1
1.2. Misura di una grandezza fisica fondamentale e derivata	1
1.3. Fattori di conversione, dimensioni ed equazioni dimensionali	5
1.4. Errore in una misura	10
1.5. Cifre significative – Approssimazioni	12
1.6. Notazione scientifica. Ordine di grandezza	15
Esercizi	16
<i>Test di verifica</i>	18
<i>Soluzioni</i>	20

## 2. Vettori

2.1. Grandezze scalari e vettoriali	23
2.2. Cenni di goniometria e trigonometria	27
2.3. Calcolo vettoriale mediante il metodo grafico e proprietà dei vettori	35
2.4. Rappresentazione analitica di un vettore	40
2.5. Vettori componenti. Versori	44
2.6. Rappresentazione analitica delle operazioni sui vettori	46
Esercizi	49
<i>Test di verifica</i>	53
<i>Soluzioni</i>	55

## 3. Cinematica

3.1. Generalità	59
3.2. Traiettoria. Legge oraria	62
3.3. Moto in una dimensione. Posizione e spostamento	64
3.4. Velocità media e istantanea di un moto rettilineo vario. Moto rettilineo uniforme	65
3.5. Accelerazione media ed istantanea di un moto rettilineo vario. Moto uniformemente vario	74

---

3.6. Interpretazione geometrica e calcolo dello spostamento nel moto vario e uniformemente vario noto $v(t)$	81
Esercizi	85
<i>Test di verifica</i>	91
<i>Soluzioni</i>	94
<b>4. Moto in due dimensioni</b>	
4.1. Moto circolare uniforme	99
4.2. Vettore velocità e vettore accelerazione	102
4.3. Moto armonico	108
4.4. Moto del proiettile	112
Esercizi	116
<i>Test di verifica</i>	121
<i>Soluzioni</i>	123
<b>5. Principi della dinamica</b>	
5.1. Concetto di forza	125
5.2. La prima legge di Newton	126
5.3. Massa	127
5.4. La seconda legge di Newton	127
5.5. La terza legge di Newton	130
5.6. La legge della gravitazione universale di Newton. Peso	132
5.7. La forza di attrito	136
5.8. Seconda legge di Newton applicata ad una particella in moto circolare uniforme	140
Esercizi	142
<i>Test di verifica</i>	149
<i>Soluzioni</i>	152
<b>6. Lavoro ed energia</b>	
6.1. Prodotto scalare di due vettori	157
6.2. Lavoro compiuto da una forza	158
6.3. La potenza	169

---

6.4. Teorema dell'energia cinetica	172
6.5. Cenni sui campi di forze conservativi	175
6.6. Energia potenziale	176
6.7. Lavoro svolto da una molla: forza elastica	179
6.8. Lavoro di forze non conservative	186
6.9. Conservazione dell'energia meccanica totale di una particella	187
6.10. Forze non conservative	189
6.11. Il teorema dell'impulso	191
6.12. Conservazione della quantit� di moto	195
6.13. Centro di massa e centro di gravit� (baricentro)	197
Esercizi	202
<i>Test di verifica</i>	207
<i>Soluzioni</i>	210
<b>7. Fluidi</b>	
7.1. Pressione	213
7.2. Legge di Stevino	215
7.3. Applicazioni della legge di Stevino	218
7.4. Legge di Pascal	222
7.5. Principio di Archimede	225
7.6. Dinamica dei fluidi ideali. Teorema di Bernoulli	227
7.7. Applicazioni della legge di Bernoulli	232
Esercizi	234
<i>Test di verifica</i>	238
<i>Soluzioni</i>	241
<b>Appendici</b>	
Elenco simboli utilizzati nel testo	245
Alcune costanti fondamentali	247
Grandezze e unit� fondamentali del Sistema Internazionale	249
Simboli matematici usati nel testo e loro significato	250
Alcuni prefissi per le potenze di dieci	250



# 1. Grandezze fisiche e loro misura

## I punti-chiave

- Definizione e misura delle grandezze fisiche
- Errore in una misura
- Cifre significative
- Approssimazioni

### 1.1. Definizione operativa delle grandezze fisiche

L'osservazione dei fenomeni fisici e il tentativo di interpretarli conduce ad individuare determinati enti: lunghezza, tempo, superficie, volume, temperatura, velocità, ecc.

Si definisce grandezza fisica ogni ente utile per la descrizione di un fenomeno fisico e suscettibile di definizione operativa, cioè di misurazione. Secondo la moderna concezione operativistica una grandezza fisica è definita quando per essa vengono fissati:

- *criterio del confronto*: date due grandezze della stessa specie si può sempre stabilire se una di esse è maggiore, uguale o minore dell'altra e che si presenti sempre uno solo di questi tre casi;
- *criterio di somma*: date due grandezze della stessa specie si può definire la loro somma;
- *campione unitario (unità di misura)* in modo arbitrario.

Concludendo, una grandezza fisica è completamente definita quando sono note le operazioni che conducono alla sua misura, espressa come rapporto di essa rispetto ad una grandezza fisica della stessa specie assunta come unità di misura.

### 1.2. Misura di una grandezza fisica fondamentale e derivata

La misura di una grandezza fisica, una volta trovato il metodo operativo di misura, è rappresentata da un numero (valore) e da una unità di misura. Ad esempio: la lunghezza di un segmento è 2 metri. Fornire la

misura di una grandezza solo attraverso una cifra numerica, senza cioè specificare l'unità di misura, è un'operazione priva di significato.

Dal momento che esistono vari multipli o sottomultipli di una grandezza e molte altre unità di misura (ad esempio per la lunghezza, oltre al *metro* esiste il *pollice*, il *pie*de, il *miglio*, ecc.), il solo valore numerico (ad esempio 2) non esprime la misura della lunghezza.

Le grandezze fisiche sono molte e per ciascuna di esse si potrebbe fissare la procedura operativa di misura e l'unità di misura arbitraria. Ciò comporterebbe l'inconveniente che le leggi fisiche verrebbero ad essere affette da numerose ed ingombranti costanti di proporzionalità. Questo inconveniente può essere ovviato considerando che tra le varie grandezze fisiche esistono relazioni, dette equazioni-base, stabilite dalle loro definizioni oppure dalle leggi fisiche che le collegano.

Si chiarisce questo aspetto con degli esempi.

1. La velocità media di un corpo è definita come rapporto tra lunghezza percorsa ed intervallo di tempo impiegato (equazione-base della velocità). Appare allora evidente che la procedura operativa per la misura della velocità può essere ricondotta a quelle per la misura delle lunghezze e dei tempi (se queste sono state stabilite).
2. La forza che agisce su un corpo è uguale al prodotto della massa per l'accelerazione (equazione-base della forza). È questa una legge fisica (II principio della dinamica) che stabilisce un legame fra le tre grandezze. Per misurare una forza si può allora far riferimento alle procedure di misura di massa ed accelerazione, se queste sono note.

In conclusione, noto un numero limitato di grandezze (grandezze fondamentali), da esse si possono esprimere le altre (grandezze derivate).

Si dimostra che, se si considerano tutti i settori della fisica, per descrivere i fenomeni noti sono sufficienti sette grandezze fondamentali. Nella 14<sup>a</sup> Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure del 1971 sono state selezionate 7 grandezze fondamentali del Sistema Internazionale di Unità (SI), e precisamente: lunghezza, massa, tempo, temperatura, intensità di corrente, intensità luminosa e quantità di materia.

Nella tabella 1 sono riportate le sette grandezze fondamentali del Sistema Internazionale (SI) e due complementari, i rispettivi campioni e simboli.

**Tabella 1-1 Grandezze fondamentali ed unità di misura del sistema internazionale (SI)**

Grandezze fondamentali	Simbolo dimensionale	Unità di misura	Simbolo della unità di misura	Definizione della unità di misura
Lunghezza	[L]	metro	<i>m</i>	Tratto percorso dalla luce nel vuoto nell'intervallo di tempo di $1/299792458$ s
Massa	[M]	kilogrammo	<i>kg</i>	Massa del prototipo internazionale conservato a Parigi
Intervallo di tempo	[T]	secondo	<i>s</i>	Intervallo di tempo che contiene 9192631770 periodi di una particolare radiazione dell'atomo di cesio 133 ( $^{133}\text{Cs}$ )
Temperatura	[ $\Theta$ ]	kelvin	<i>K</i>	Frazione $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua
Intensità di corrente elettrica	[I]	ampere	<i>A</i>	Corrente che, passando in due conduttori rettilinei, paralleli, di sezione trascurabile, lunghezza infinita e posti nel vuoto a distanza di 1 m, produce una forza di $2 \cdot 10^{-7}\text{N}$ per ogni metro di lunghezza
Intensità luminosa	[J]	candela	<i>cd</i>	Intensità, in una data direzione, di una sorgente che emette radiazione monocromatica di $540 \cdot 10^{12}$ Hz e la cui intensità d'energia per angolo solido è $\frac{1}{683} \frac{W}{sr}$
Quantità di sostanza	[N]	mole	<i>mol</i>	Quantità di sostanza di un sistema che contiene tante unità elementari (atomi, molecole, ioni, elettroni,...) quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 ( $^{12}\text{C}$ )

Grandezze complementari	Unità di misura	Simbolo della unità di misura	Definizione della unità di misura
angolo piano	radiante	<i>rad</i>	angolo piano al centro che su una circonferenza intercetta un arco di lunghezza uguale a quella del raggio
angolo solido	steradiano	<i>sr</i>	angolo solido al centro che su una sfera intercetta una calotta di area uguale a quella di un quadrato di lato pari alla lunghezza del raggio

Le norme di scrittura del SI raccomandate dal CIPM sono le seguenti:

- Se il nome di una unità di misura viene scritto per esteso deve essere scritto in carattere minuscolo, senza accenti e deve considerarsi indeclinabile (ad esempio, si scrive *ampere* sia al singolare che al plurale non *ampères* o *Ampère*).
- I simboli delle unità devono essere scritti con l'iniziale maiuscola se derivati da nomi propri, minuscola in tutti gli altri casi. Per esempio si scrive *W* per Watt, *J* per Joule, *N* per Newton, *cd* per candela.
- I simboli delle unità di misura non vanno mai seguiti dal punto (*m*, non *m.*) e vanno scritti dopo il valore numerico (*3m*, non *m3*).
- L'unità di misura va indicata col relativo simbolo oppure scritta per esteso a seconda che il numero che esprime la misura sia scritto in cifre oppure in lettere e deve essere sempre scritta per esteso quando non è accompagnata dal valore numerico. Per esempio si scrive *tre Volt*, non *tre V*, oppure *5m* e non *5 metri*; si scrive inoltre "il kilogrammo è l'unità di massa del SI".
- Le unità composte si scrivono senza trattini (per esempio si scrive  $1Wb = 1V \cdot s$ , non  $1Wb = 1V - s$ ).

I multipli e i sottomultipli delle unità si indicano premettendo al simbolo dell'unità il simbolo del prefisso come indicato nella Tabella 1-2.

## 3. Cinematica

### I punti-chiave

- > Traiettoria e legge oraria
- > Moto rettilineo
- > Velocità e accelerazione
- > Moto uniforme e uniformemente vario

### 3.1. Generalità

La cinematica studia il moto dei corpi a prescindere dalle cause (forze) che lo determinano. In questo capitolo si studia il moto di una particella materiale, cioè di un corpo dotato di massa, che si assume privo di dimensioni. La sua posizione nello spazio può essere descritta in ogni istante mediante la posizione di un punto. Questo concetto è un'utile idealizzazione poiché tutti i corpi reali, comprese le particelle subatomiche, hanno dimensioni finite. Tuttavia, anche oggetti estesi, come per esempio una palla da tennis, un aereo, un pianeta, ecc. possono essere trattati come una particella se ci si limita soltanto al loro moto traslatorio<sup>1</sup> o comunque se le loro dimensioni sono trascurabili rispetto alla zona di spazio in cui si muovono.

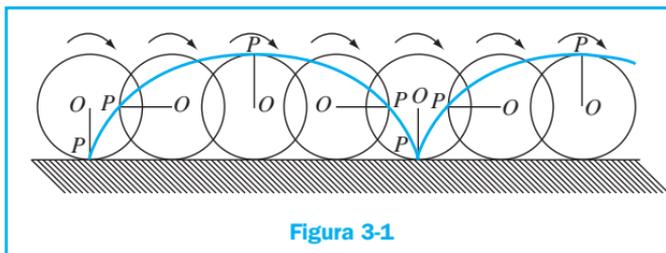
Quando un corpo muta nel tempo la sua posizione rispetto ad un altro corpo scelto come riferimento (sistema di riferimento), si dice che esso è in moto, altrimenti si dice che è in quiete.

Dall'esperienza di ogni giorno è noto che lo stato di moto o di quiete è relativo al corpo che si assume come riferimento; un viaggiatore seduto su un treno in corsa è fermo rispetto al treno e si muove rispetto al binario ferroviario. Si chiama traiettoria di un elemento materiale il luogo delle posizioni occupate successivamente dal punto stesso

<sup>1</sup>Per moto traslatorio si intende il moto di un sistema rigido che mantiene invariata la sua orientazione rispetto al sistema di riferimento, tutti i punti che costituiscono il sistema descrivono quindi traiettorie uguali e parallele con la stessa legge temporale.

durante il moto. È evidente che la forma della traiettoria dipende dalla scelta del sistema di riferimento.

In un sistema di riferimento solidale con la bicicletta la valvola percorre una traiettoria circolare, in un sistema di riferimento solidale con la strada essa percorre invece una traiettoria molto più complessa, detta cicloide (Fig. 3-1).



Per studiare il moto di un elemento materiale occorre stabilire la sua posizione, rispetto al sistema di riferimento, in funzione del tempo. Un sistema di riferimento viene schematizzato con una terna di assi cartesiani aventi origine e direzioni ben definite e invariabili nel tempo rispetto all'osservatore che studia il moto e che permette di determinare le coordinate del corpo in funzione del tempo. Il tempo viene misurato da un orologio e si deve stabilire l'istante a partire dal quale si computano i tempi.

La posizione della particella  $P$  nello spazio è individuata dal valore delle sue coordinate  $x_P$ ,  $y_P$  e  $z_P$ .

Altre volte è conveniente ricorrere all'uso del formalismo vettoriale e considerare la posizione di  $P$  individuata da un vettore  $\vec{r}$  detto *raggio vettore* o *vettore posizione*, avente primo estremo coincidente con l'origine del sistema di coordinate e secondo estremo in  $P$ .

Questi due metodi di descrivere la posizione di un punto conducono allo stesso risultato. Le componenti di  $\vec{r}$  sono infatti proprio le coordinate  $x_P$ ,  $y_P$  e  $z_P$  del punto  $P$  (cfr. Fig. 3.2).

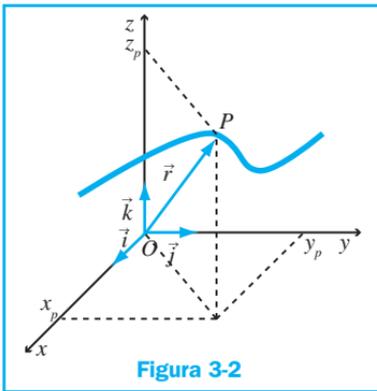


Figura 3-2

Per descrivere il moto del punto  $P$  è allora sufficiente conoscere in ogni istante il vettore  $\vec{r}$

$$\mathbf{3-1} \quad \vec{r} = \vec{r}(t)$$

*funzione vettoriale del tempo*

o il valore delle coordinate  $x$ ,  $y$  e  $z$  relative alla successione delle posizioni di  $P$

$$\mathbf{3-2} \quad x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

Lo studio di un qualsiasi moto nello spazio si può pertanto ridurre allo studio di tre moti unidimensionali.

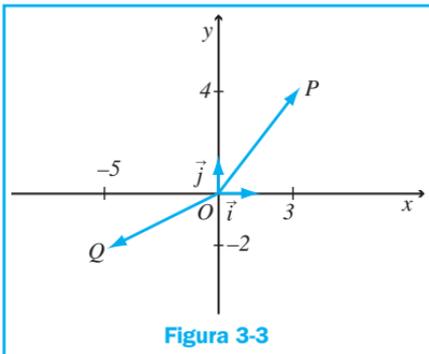


Figura 3-3

Ad esempio, nel piano riferito ad un sistema di assi cartesiani, le posizioni di due punti  $P$  e  $Q$  sono individuate dalle loro coordinate:

$$P(3, 4) \quad Q(-5, -2)$$

oppure dai vettori posizione:

$$\vec{r}_p = 3\vec{i} + 4\vec{j}$$

$$\vec{r}_q = -5\vec{i} - 2\vec{j}$$

In modo analogo sono individuate le posizioni di due punti  $P$  e  $Q$  sopra un asse, ad esempio l'asse  $x$ .

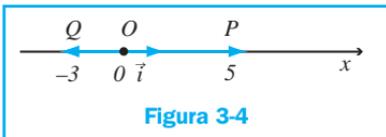


Figura 3-4

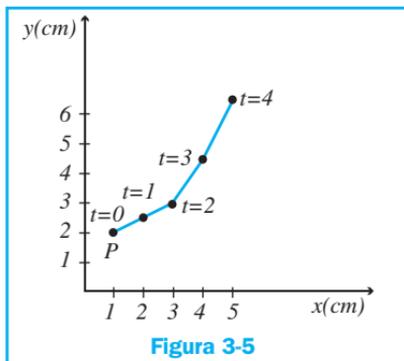
$$P(5); \quad Q(-3)$$

$$\vec{r}_p = 5\vec{i}$$

$$\vec{r}_q = -3\vec{i}$$

### 3.2. Traiettoria. Legge oraria

Si consideri ad esempio un punto  $P$  che si muove nel piano. Per descriverne il moto si può scegliere una successione di istanti e a ciascuno di essi associare i corrispondenti valori di  $x$  e  $y$ .



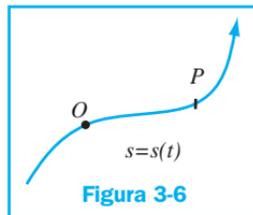
$t$	$x$	$y$
0	1	2
1	2	2,5
2	3	3
3	4	4,5
4	5	6,5

In figura 3-5 sono riportate le posizioni di un punto mobile  $P$  negli istanti  $t = 0, 1, 2, 3, 4$  secondi. Nella tabella riportata compaiono soltanto alcune posizioni occupate da  $P$  durante il suo moto.

L'intuizione suggerisce che se due istanti  $t_1$  e  $t_2$  sono sufficientemente vicini, allora anche le posizioni relative a tempi compresi tra  $t_1$  e  $t_2$  differiscono di poco dalle posizioni assunte nei tempi  $t_1$  e  $t_2$ . Ciò significa che le posizioni di  $P$  devono formare una curva continua, ossia senza interruzioni, come quella indicata in figura 3-5 chiamata **traiettoria**.

Se la traiettoria è nota, si possono riferire ad essa le posizioni del punto mobile  $P$  senza dover ricorrere ad alcun sistema di assi.

Si fissa a piacere un punto  $O$  della traiettoria, detta origine, e un verso di percorrenza indicato con una freccia. La posizione del punto  $P$  verrà indicata da un numero  $s$  uguale, in valore assoluto, alla lunghezza del tratto di traiettoria che va da  $O$  a  $P$ . Il valore di  $s$  risulterà positivo o negativo a seconda che, rispetto al verso prefissato,  $P$  segua  $O$  oppure lo preceda come evidenziato in Figura 3-6.



## 5. Principi della dinamica

### I punti-chiave

- > Concetto di forza
- > Leggi di Newton
- > Massa e peso
- > Forza centripeta e centrifuga

### 5.1. Concetto di forza

#### Definizione

Con il termine **forza** in fisica si indica una qualunque causa capace di deformare un corpo o di modificare lo stato di quiete o moto.

Per misurare una forza è conveniente usare la deformazione lineare di una molla, come nel caso del dinamometro. Si supponga che una forza sia applicata verticalmente ad una molla con

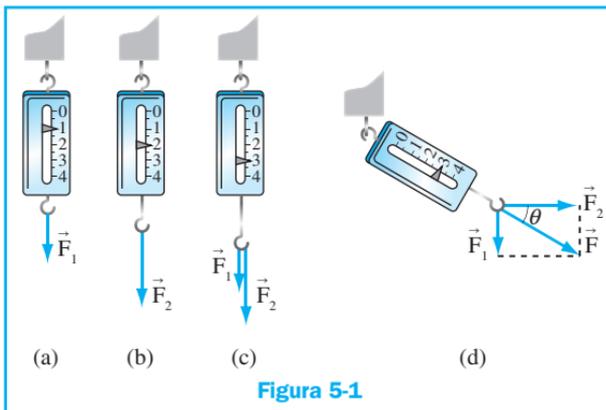


Figura 5-1

l'estremità superiore fissata, come in Fig. 5-1a. Si può calibrare la molla definendo l'unità di forza  $\vec{F}_1$  come la forza che produce un'elongazione di 1,00 cm. Se una forza  $\vec{F}_2$  applicata come in Fig. 5-1b produce un'elongazione di 2,00 cm, il modulo di  $\vec{F}_2$  è 2,00 unità. Se le due forze  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  sono applicate simultaneamente, come in Fig. 5-1c, l'elonga-

zione della molla è 3,00 cm poiché le forze sono applicate nella stessa direzione e verso e i loro moduli si sommano.

Se le due forze  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  sono applicate in direzioni perpendicolari, come in Fig. 5-1d, l'elongazione è data da  $|\vec{F}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$  ossia  $F = \sqrt{(1,00\text{cm})^2 + (2,00\text{cm})^2} = \sqrt{5,00\text{cm}^2} = 2,24\text{ cm}$ .

Poiché sperimentalmente le **forze** si comportano come **vettori**, per ottenere la **forza risultante su un corpo** bisogna utilizzare le **regole del calcolo vettoriale**.

## 5.2. La prima legge di Newton

### Definizione

Ogni corpo rimane nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme a meno che non agisca su esso una forza risultante diversa da zero.

La tendenza di un corpo a mantenere il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme è chiamata **inerzia**. Per questo la prima legge di Newton è spesso chiamata **legge di inerzia**.

La prima legge di Newton non è valida in ogni sistema di riferimento. Per esempio, se il sistema di riferimento è fissato su un'automobile, un oggetto posto su un piano all'interno dell'automobile rimane fermo fino a quando la velocità dell'auto rimane costante. Quando l'automobile inizia ad accelerare l'oggetto inizia a muoversi nel verso opposto al moto senza che nessuno abbia esercitato una forza su di esso in quella direzione. In tale sistema di riferimento *accelerato* la prima legge di Newton non è valida.

I sistemi di riferimento nei quali vale la prima legge di Newton sono chiamati **sistemi di riferimento inerziali**, mentre i sistemi nei quali tale legge non è valida sono chiamati sistemi non inerziali.

In molti esperimenti si suppone che un sistema di riferimento fissato sulla Terra sia inerziale; tale asserzione non è totalmente vera a causa della rotazione della Terra. Ogni sistema di riferimento che si muove a velocità costante relativamente ad un sistema di riferimento inerziale lo è anch'esso.

## 7. Fluidi

### I punti-chiave

- > Pressione in un fluido
- > Legge di Stevino e di Pascal
- > Principio di Archimede
- > Teorema di Bernoulli

### 7.1. Pressione

Nel caso dei fluidi (liquidi e gas) il concetto di forza applicata in un punto non ha significato poiché per agire su un fluido è sempre necessario esercitare una forza mediante una superficie. Ad esempio, si può esercitare una forza  $\vec{F}$  sul pistone a tenuta di un cilindro contenente fluido e tale forza è distribuita sull'intera superficie del pistone. Poiché la stessa forza, a seconda della superficie e del modo in cui agisce, genera effetti diversi, per descriverli viene definita la grandezza **pressione**. In questo capitolo verranno trattati solo liquidi ideali, ossia liquidi incompressibili (densità costante) e privi di attrito interno.

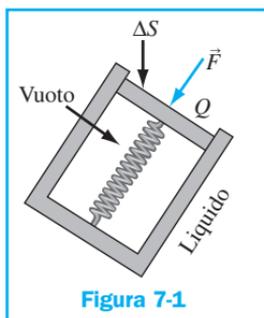


Figura 7-1

Si consideri un punto  $Q$  all'interno di un liquido e una superficie passante per  $Q$  e comunque orientata. Si può, per esempio, pensare di materializzare questa superficie mediante il pistone  $\Delta S$  di un cilindro in cui è stato fatto il vuoto e collegato alla base da una molla (Fig. 7-1). Quando lo strumento viene immerso nel liquido, il fluido spinge il pistone  $\Delta S$  verso l'interno e comprime la molla finché la forza verso l'interno applicata dal fluido

viene equilibrata dalla forza verso l'esterno esercitata dalla molla. La forza esercitata sul pistone dal fluido si può misurare direttamente, se la molla è stata preventivamente tarata, in modulo e direzione.

Se  $F$  è il valore della forza esercitata dal fluido sul pistone ed  $A$  è l'area del pistone  $\Delta S$ , allora la pressione nel punto  $Q$  del fluido è definita dal rapporto tra forza e area:

7-1

$$P = \frac{F}{A}$$

Dando successivamente al cilindro diverse orientazioni si può verificare che la pressione esercitata dal liquido è, in modulo, indipendente dall'orientazione del cilindro ossia dall'orientazione di  $\Delta S$  intorno a  $Q$  ed è sempre perpendicolare a tale superficie. È dunque lecito parlare di un valore della pressione del fluido nel punto  $Q$  senza ulteriori specificazioni sottintendendo che tale pressione si esercita sempre in direzione normale (perpendicolare) ad una qualsiasi superficie passante per  $Q$ .

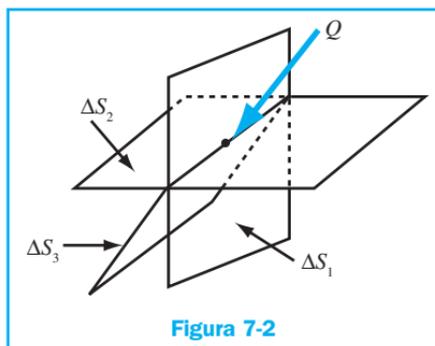


Figura 7-2

La pressione ha quindi le dimensioni di una forza diviso un'area. L'unità internazionale è il *pascal* (simbolo  $Pa$ ) che corrisponde ad un

newton a metro quadrato  $\left(\frac{N}{m^2}\right)$ .

Altre unità sono:

*bar*:  $1\text{bar} = 10^5 Pa$

*mbar* (millibar):  $1\text{mbar} = 10^2 Pa$

*μbar* (microbar):  $1\mu\text{bar} = 10^{-1} Pa$

*atmosfera*: pressione media esercitata a livello del mare a  $t = 0^\circ C$



Il volume si rivolge a quanti abbiano la necessità di apprendere o rivedere in breve tempo i fondamenti della meccanica. Per facilitare la comprensione dei concetti è stato volutamente utilizzato un linguaggio semplice e privo di eccessivo formalismo matematico. Tale scelta non ha tuttavia impedito una trattazione rigorosa dei contenuti. Di utile supporto, a fine capitolo, numerosi esercizi e test di verifica.

Tra gli argomenti principali:

- grandezze fisiche e loro misura
- cinematica
- principi della dinamica
- lavoro ed energia
- fluidi

#### L'autore

**Italo Guerriero**, docente di matematica e fisica, si è dedicato per oltre trent'anni alla didattica con l'obiettivo di riconciliare gli studenti con tali materie. Ha riversato poi tale esperienza nella pubblicazione di numerosi eserciziari di analisi matematica per l'università, oltre che in testi di taglio divulgativo.

