FISICA

Scheda 03

Le forze:

forza peso, forza elastica, forza d'attrito e diagramma di corpo libero.

Teoria | Esempi | Esercizi | Soluzioni

Una guida chiara per riconoscere, rappresentare e usare le principali forze, costruire un diagramma di corpo libero e risolvere semplici problemi con forza peso, forza elastica e forza d'attrito.

Indice

1 Che cos'è una forza? 2

2 La forza è una grandezza vettoriale 2
2.1 Unità di misura . . . 3

3 Forze di contatto e forze a distanza 3

4 La forza peso 3

5 La reazione vincolare 5

6 La forza elastica 6

7 La forza di attrito 7
7.1 Attrito radente . . . 7
7.1.1 Attrito radente statico . . . 8
7.1.2 Attrito radente dinamico . . . 10
7.2 Attrito volvente . . . 11
7.3 Attrito viscoso . . . 12
7.4 Riepilogo dei tipi di attrito . . . 13

8 La risultante delle forze 14

9 Il diagramma di corpo libero 15
9.1 Come costruire un diagramma di corpo libero . . . 15
9.2 Corpo su un piano orizzontale . . . 16
9.3 Corpo su un piano inclinato . . . 17

10 Errori comuni 18

11 Mappa finale 19

12 Esercizi 20

13 Soluzioni 21

1 Che cos'è una forza?

Nella vita quotidiana esercitiamo continuamente delle forze: spingiamo una porta, solleviamo uno zaino, tiriamo una corda oppure comprimiamo una molla. Anche la Terra esercita una forza sugli oggetti, attirandoli verso il proprio centro.

In fisica, una **forza** è un'interazione capace di modificare il moto di un corpo oppure di provocarne una deformazione.

Una forza può quindi:

- mettere in movimento un corpo inizialmente fermo;
- aumentare o diminuire la velocità di un corpo;
- modificare la direzione del moto;
- deformare un oggetto;
- contribuire a mantenere un corpo in equilibrio.

> **Ricorda**
>
> Una forza non è qualcosa che un corpo "possiede". Essa nasce sempre da un'**interazione**: per ogni forza è quindi necessario individuare il corpo che la esercita e il corpo che la subisce.

Per esempio, quando una persona spinge una scatola, la forza è esercitata dalla persona e agisce sulla scatola. Quando un oggetto cade, invece, la forza è esercitata dalla Terra e agisce sull'oggetto.

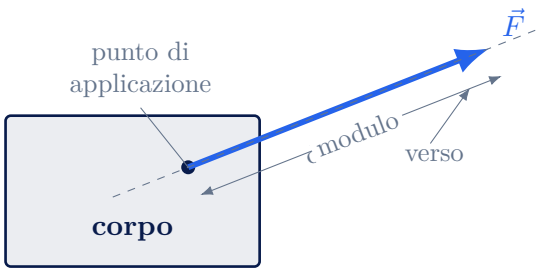
2 La forza è una grandezza vettoriale

Dire che una forza vale, per esempio, 10 N non è sufficiente per descriverla completamente. È necessario specificare anche in quale direzione agisce e verso dove è orientata.

Una forza è quindi una **grandezza vettoriale**, caratterizzata da:

- il **modulo**, che rappresenta l'intensità della forza;
- la **direzione**, cioè la retta lungo la quale la forza agisce;
- il **verso**, che indica l'orientamento lungo la direzione;
- il **punto di applicazione**, cioè il punto del corpo sul quale la forza viene esercitata.

Una forza viene rappresentata mediante una freccia, cioè un vettore $\vec{F}$. La lunghezza della freccia, scelta secondo una determinata scala, è proporzionale al modulo della forza. Il modulo del vettore si indica con F oppure con $|\vec{F}|$.



2.1 Unità di misura

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della forza è il **newton**, il cui simbolo è N.

$$1\,\mathrm{N} = 1\,\mathrm{kg}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Un newton è la forza necessaria per imprimere a un corpo di massa 1 kg un'accelerazione di $1\,\mathrm{m/s^2}$.

Il legame tra forza, massa e accelerazione sarà studiato in modo approfondito nella scheda dedicata ai **principi della dinamica**.

3 Forze di contatto e forze a distanza

In base al modo in cui agiscono, le forze possono essere suddivise in due grandi categorie: **forze di contatto** e **forze a distanza**.

Tipo di forza	Come agisce	Esempi
Forza di contatto	Si manifesta quando due corpi sono a contatto fisico.	Forza di attrito, reazione vincolare, tensione di una corda, forza elastica, spinta esercitata da una persona.
Forza a distanza	Agisce anche quando i corpi non sono direttamente a contatto.	Forza gravitazionale, forza elettrica e forza magnetica.

Esempio

Quando spingi un carrello, eserciti una **forza di contatto**. La forza con cui la Terra attrae il carrello verso il basso è invece una **forza a distanza**.

Curiosità

Lo sapevi che, in realtà, non tocchi mai davvero il tavolo?
Quando appoggi una mano su una superficie, gli atomi della mano e quelli del tavolo non si sovrappongono. Le loro nubi elettroniche, entrambe cariche negativamente, si respingono a causa dell'interazione elettromagnetica.
È proprio questa repulsione microscopica a impedire alla mano di attraversare il tavolo e a produrre la forza che percepiamo come **reazione vincolare**.
Quindi, anche se la chiamiamo "forza di contatto", il contatto è in realtà l'effetto di interazioni elettriche che avvengono su scala atomica.

4 La forza peso

Tutti i corpi che si trovano vicino alla superficie terrestre sono attratti verso la Terra. Questa attrazione gravitazionale prende il nome di **forza peso**. La forza peso, indicata con $\vec{P}$, è quindi la forza con cui la Terra attrae un corpo verso il proprio centro.

Vicino alla superficie terrestre il suo modulo si calcola con la relazione

$$\boxed{P = mg}$$

dove:

- P è il modulo della forza peso, misurato in newton;
- m è la massa del corpo, misurata in kilogrammi;
- g è il modulo dell'accelerazione di gravità.

Sulla superficie terrestre si utilizza generalmente

$$g \simeq 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}.$$

Negli esercizi più semplici questo valore viene spesso approssimato a

$$g \simeq 10\,\mathrm{m/s^2}.$$

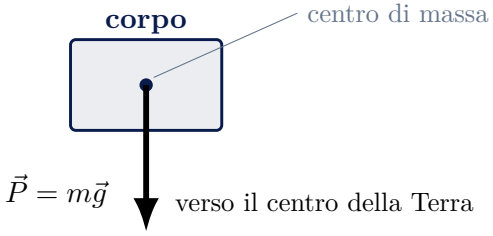
Ricorda

La forza peso è una **grandezza vettoriale**. Non basta quindi conoscerne il valore numerico: bisogna indicarne anche direzione, verso e punto di applicazione.

La forza peso presenta le seguenti caratteristiche:

- **direzione**: verticale;
- **verso**: diretto verso il centro della Terra;
- **punto di applicazione**: il centro di massa del corpo.

Quando le dimensioni del corpo non sono importanti, esso viene rappresentato come un **punto materiale** e la forza peso viene applicata direttamente a quel punto.



Esempio

Quanto pesa uno zaino?
Calcoliamo il peso di uno zaino di massa

$$m = 6{,}0\,\mathrm{kg}.$$

Utilizzando $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$, otteniamo

$$P = mg = 6{,}0 \cdot 9{,}81 = 58{,}9\,\mathrm{N}.$$

Il peso dello zaino sulla Terra è quindi circa

$$\boxed{P \simeq 59\,\mathrm{N}}.$$

La sua massa, invece, rimane $6{,}0\,\mathrm{kg}$.

Attenzione

Massa e peso non sono la stessa cosa.
La **massa** indica una proprietà del corpo, si misura in kilogrammi e non cambia spostando il corpo da un pianeta all'altro.
Il **peso** è invece una forza, si misura in newton e dipende dal valore dell'accelerazione di gravità. Uno stesso corpo conserva quindi la propria massa sulla Terra e sulla Luna, ma sulla Luna pesa meno perché l'attrazione gravitazionale è più debole.

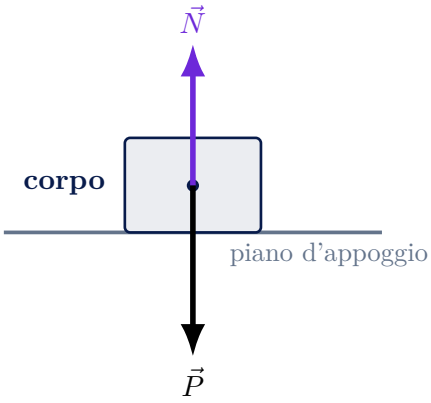
5 La reazione vincolare

Un **vincolo** è un oggetto o una superficie che limita il movimento di un corpo.

Per esempio, un tavolo impedisce a un libro appoggiato su di esso di cadere verso il basso. Per fare ciò, il tavolo esercita sul libro una forza chiamata **reazione vincolare normale**, indicata con $\vec{N}$.

La reazione normale:

- nasce dal contatto tra il corpo e la superficie;
- è sempre perpendicolare alla superficie di contatto;
- è diretta dalla superficie verso il corpo.



Se il corpo è fermo su un piano orizzontale e non agiscono altre forze verticali, la reazione normale bilancia la forza peso:

$$N = P = mg.$$

Le due forze hanno quindi lo stesso modulo, ma verso opposto.

Attenzione

La reazione normale non è sempre uguale al peso.
L'uguaglianza $N = mg$ vale soltanto in particolari condizioni, per esempio quando un corpo è fermo su un piano orizzontale e non sono presenti altre forze verticali.
Su un piano inclinato di angolo α, in assenza di altre forze perpendicolari al piano, si ha invece

$$N = mg\cos\alpha.$$

La reazione normale dipende quindi dalla situazione fisica, non soltanto dalla massa del corpo.

6 La forza elastica

Quando una molla viene allungata oppure compressa, essa esercita una forza che tende a riportarla alla propria lunghezza naturale. Questa forza prende il nome di **forza elastica**.

Entro il limite elastico della molla, la forza elastica è descritta dalla **legge di Hooke**:

$$\boxed{\vec{F}_e = -k\vec{x}}$$

dove:

- k è la **costante elastica** della molla;
- $\vec{x}$ rappresenta la deformazione rispetto alla posizione di equilibrio;
- il segno meno indica che la forza elastica è sempre diretta in verso opposto alla deformazione.

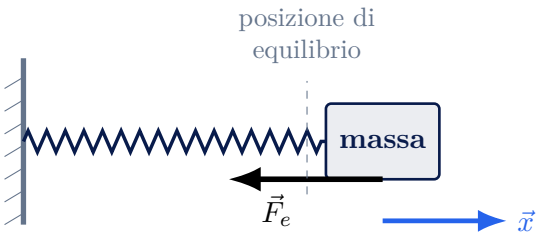
La costante elastica k si misura in

$$\text{N/m}.$$

Quanto maggiore è il valore di k, tanto più la molla è rigida e difficile da deformare.

Considerando soltanto i moduli, la legge di Hooke diventa

$$\boxed{F_e = k|x|}.$$



Ricorda

La forza elastica è una **forza di richiamo**: cerca sempre di riportare la molla nella posizione di equilibrio. Se la molla viene allungata verso **destra**, la forza elastica è diretta verso **sinistra**. Se viene compressa verso **sinistra**, la forza elastica è diretta verso **destra**.

Esempio

Una molla allungata
Una molla ha costante elastica

$$k = 200\,\mathrm{N/m}$$

e viene allungata di

$$x = 5{,}0\,\mathrm{cm} = 0{,}050\,\mathrm{m}.$$

Il modulo della forza elastica è

$$F_e = kx = 200 \cdot 0{,}050 = 10\,\mathrm{N}.$$

Pertanto

$$\boxed{F_e = 10\,\mathrm{N}}.$$

La forza è diretta in verso opposto all'allungamento, cioè verso la posizione di equilibrio.

Attenzione

La legge di Hooke è valida soltanto finché non viene superato il **limite elastico** della molla. Se la deformazione è eccessiva, la molla può non tornare alla lunghezza iniziale e la relazione $F_e = k|x|$ può non essere più valida.

7 La forza di attrito

La **forza di attrito** è una forza che si manifesta quando un corpo si trova a contatto con una superficie oppure si muove all'interno di un fluido. ù L'attrito si oppone al moto relativo tra i corpi o alla tendenza al moto. La sua direzione dipende quindi dal modo in cui le superfici tendono a scorrere una rispetto all'altra.

Nella vita quotidiana l'attrito è fondamentale: ci permette di camminare, afferrare gli oggetti, frenare un'automobile e scrivere su un foglio. In altri casi, però, provoca usura e dispersione di energia sotto forma di calore.

Si distinguono principalmente tre tipi di attrito:

- **attrito radente**, tra superfici solide che strisciano o tendono a strisciare;
- **attrito volvente**, quando un corpo rotola su una superficie;
- **attrito viscoso**, quando un corpo si muove in un fluido.

7.1 Attrito radente

L'**attrito radente** si manifesta tra due superfici solide a contatto quando esse scorrono oppure tendono a scorrere una rispetto all'altra.

La forza di attrito radente:

- è parallela alla superficie di contatto;
- è diretta in verso opposto allo scorrimento relativo o alla sua tendenza;

- dipende dalla natura delle superfici e dalla forza con cui esse vengono premute l'una contro l'altra.

A seconda che lo scorrimento sia già iniziato o meno, si distingue tra:

- **attrito radente statico**;
- **attrito radente dinamico**.

7.1.1 Attrito radente statico

L'**attrito statico** agisce quando due superfici sono a contatto, ma non scorrono ancora una rispetto all'altra.

Supponiamo di spingere una cassa inizialmente ferma su un pavimento orizzontale. Se la forza applicata è piccola, la cassa non si muove: il pavimento esercita infatti una forza di attrito statico opposta alla tendenza allo scorrimento. Finché la cassa rimane ferma, l'attrito statico assume il valore necessario a bilanciare la forza orizzontale applicata.

Nel caso semplice rappresentato, si ha quindi

$$f_s = F.$$

Se applichiamo una forza di 10 N, l'attrito statico vale 10 N. Se la forza applicata aumenta a 20 N, anche l'attrito statico aumenta fino a 20 N.

Questo adattamento è possibile soltanto fino a un valore massimo:

$$\boxed{f_{s,\max} = \mu_s N}.$$

Dove:

- $f_{s,\max}$ è il massimo valore dell'attrito statico;
- μ_s è il coefficiente di attrito statico;
- N è il modulo della reazione normale.

Il coefficiente μ_s dipende dalla natura e dalle condizioni delle superfici a contatto ed è privo di unità di misura.

In generale, quindi,

$$\boxed{0 \leq f_s \leq f_{s,\max}}.$$

Attenzione

Non bisogna scrivere automaticamente

$$f_s = \mu_s N.$$

Questa uguaglianza vale soltanto quando l'attrito statico ha raggiunto il suo valore massimo, cioè quando il corpo è sul punto di iniziare a scivolare.
Prima di quel momento, l'attrito statico assume un valore inferiore e uguale alla forza che tende a provocare lo scorrimento.

La forza minima necessaria per mettere in moto il corpo

Aumentando gradualmente la forza applicata, si possono distinguere tre casi.

- Se

$$F < f_{s,\max},$$

  l'attrito statico riesce a bilanciare la forza applicata:

$$f_s = F.$$

  La risultante delle forze orizzontali è nulla e il corpo rimane fermo.

- Se

$$F = f_{s,\max},$$

  l'attrito statico ha raggiunto il suo valore massimo. Il corpo si trova nella condizione limite ed è sul punto di iniziare a scivolare.

- Se

$$F > f_{s,\max},$$

  l'attrito statico non è più sufficiente a mantenere il corpo fermo e ha inizio lo scorrimento.

Il valore limite della forza necessaria per mettere in moto il corpo è quindi

$$\boxed{F_{\min} = f_{s,\max} = \mu_s N}.$$

Se il corpo si trova su un piano orizzontale e non agiscono altre forze verticali, si ha

$$N = mg,$$

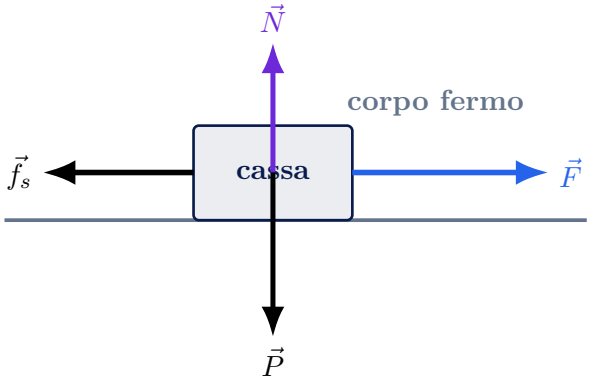
perciò

$$\boxed{F_{\min} = \mu_s mg}.$$

In termini rigorosi, per provocare effettivamente il moto la forza applicata deve essere appena maggiore del massimo attrito statico. Negli esercizi, tuttavia, il valore

$$F_{\min} = \mu_s N$$

viene indicato come la soglia minima necessaria per vincere l'attrito statico.



Esempio

Forza minima per spostare una cassa
Una cassa di massa

$$m = 20\,\text{kg}$$

è ferma su un pavimento orizzontale. Il coefficiente di attrito statico è

$$\mu_s = 0{,}40.$$

Poiché non agiscono altre forze verticali,

$$N = mg = 20 \cdot 9{,}8 = 196\,\text{N}.$$

Il massimo valore dell'attrito statico è

$$f_{s,\max} = \mu_s N = 0{,}40 \cdot 196 = 78{,}4\,\text{N}.$$

La cassa rimane ferma finché la forza applicata non raggiunge questo valore.
La soglia minima necessaria per metterla in moto è quindi

$$\boxed{F_{\min} = 78{,}4\,\text{N}}.$$

Per iniziare realmente lo scorrimento, la forza applicata deve essere leggermente maggiore di 78,4 N.

7.1.2 Attrito radente dinamico

Quando le due superfici scorrono effettivamente una rispetto all'altra, agisce l'**attrito radente dinamico**.

Nel modello più semplice, il suo modulo è

$$\boxed{f_d = \mu_d N},$$

dove:

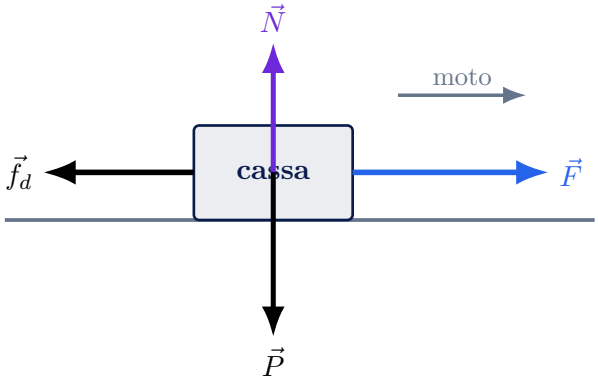
- f_d è il modulo della forza di attrito dinamico;
- μ_d è il coefficiente di attrito dinamico;
- N è il modulo della reazione normale.

In genere vale

$$\mu_d < \mu_s.$$

Ciò significa che normalmente è più difficile mettere in movimento un corpo fermo che mantenerlo in scorrimento una volta iniziato il moto.

Quando il corpo comincia a scivolare, l'attrito statico viene sostituito dall'attrito dinamico.



Esempio

Attrito dinamico su un pavimento
Una cassa di massa

$$m = 12\,\text{kg}$$

scivola su un pavimento orizzontale. Il coefficiente di attrito dinamico è

$$\mu_d = 0{,}25.$$

Poiché non agiscono altre forze verticali,

$$N = mg = 12 \cdot 9{,}8 = 117{,}6\,\text{N}.$$

Il modulo della forza di attrito dinamico è

$$f_d = \mu_d N = 0{,}25 \cdot 117{,}6 = 29{,}4\,\text{N}.$$

Pertanto

$$\boxed{f_d = 29{,}4\,\text{N}}.$$

La forza di attrito è parallela al pavimento e diretta in verso opposto allo scorrimento della cassa.

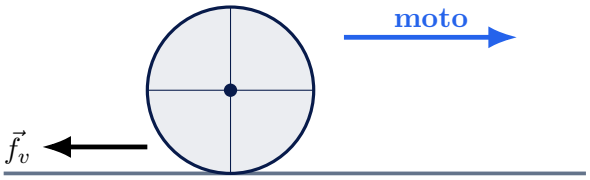
7.2 Attrito volvente

L'**attrito volvente** si manifesta quando un corpo rotola su una superficie, come una ruota, una sfera o un cilindro.

In generale, l'attrito volvente è molto più piccolo dell'attrito radente. Per questo motivo è più facile spostare un oggetto utilizzando delle ruote piuttosto che trascinandolo direttamente sul terreno.

L'attrito volvente è dovuto principalmente alle deformazioni della ruota e della superficie nel punto di contatto.

Per esempio, lo pneumatico di un'automobile si deforma leggermente quando tocca la strada. Questa deformazione provoca una resistenza che si oppone al rotolamento.



Curiosità

Perché le ruote rendono più facile il trasporto?
Quando un oggetto viene trascinato, le superfici scorrono una sull'altra e agisce l'attrito radente. Con una ruota, invece, il corpo rotola e la resistenza è generalmente molto minore. Per questo l'invenzione della ruota ha reso possibile trasportare carichi molto pesanti con una forza relativamente piccola.

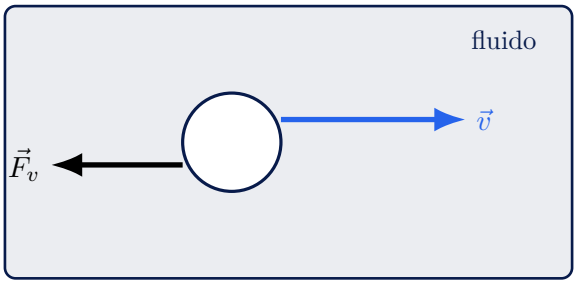
7.3 Attrito viscoso

L'**attrito viscoso**, chiamato anche **resistenza del fluido**, agisce su un corpo che si muove all'interno di un fluido, come l'aria, l'acqua oppure l'olio.

La forza di attrito viscoso è diretta in verso opposto alla velocità del corpo.

Il suo valore dipende da diversi fattori:

- dalla velocità del corpo;
- dalla forma e dalle dimensioni del corpo;
- dalle proprietà del fluido;
- dalla superficie esposta al fluido.



Esempio

Un paracadutista che cade nell'aria subisce una forza di resistenza diretta verso l'alto, opposta alla velocità di caduta. All'aumentare della velocità, aumenta anche la resistenza dell'aria. Quando questa forza bilancia il peso, la risultante diventa nulla e il paracadutista raggiunge una velocità costante chiamata **velocità limite**.

7.4 Riepilogo dei tipi di attrito

Tipo	Quando agisce	Esempio
Attrito radente statico	Le superfici solide non scorrono, ma tendono a farlo.	Una cassa che rimane ferma mentre viene spinta.
Attrito radente dinamico	Le superfici solide scorrono una sull'altra.	Una cassa trascinata sul pavimento.
Attrito volvente	Un corpo rotola su una superficie.	Una ruota che rotola sulla strada.
Attrito viscoso	Un corpo si muove all'interno di un fluido.	Un paracadutista che cade nell'aria.

Ricorda

L'attrito può ostacolare il movimento, ma non è necessariamente dannoso.
Senza attrito non potremmo camminare, frenare, scrivere o afferrare gli oggetti. In molte situazioni, quindi, l'attrito è proprio la forza che rende possibile il movimento.

Curiosità

Perché sul ghiaccio è difficile camminare?
Tra la suola delle scarpe e il ghiaccio il coefficiente di attrito statico è molto piccolo. Il terreno non riesce quindi a esercitare sulla scarpa una forza sufficiente a impedire lo scivolamento.
Le suole scolpite e i ramponi aumentano l'aderenza, permettendo di esercitare una forza maggiore sul terreno senza perdere l'equilibrio.

8 La risultante delle forze

Su uno stesso corpo possono agire contemporaneamente più forze.

Per descrivere il loro effetto complessivo si introduce la **forza risultante**, indicata con $\vec{F}_R$.

La risultante è la somma vettoriale di tutte le forze esterne che agiscono sul corpo:

$$\boxed{\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n}$$

oppure, in forma compatta,

$$\boxed{\vec{F}_R = \sum_i \vec{F}_i}$$

Poiché le forze sono grandezze vettoriali, non basta sommarne i valori numerici: bisogna tenere conto anche della loro direzione e del loro verso.

Forze lungo la stessa direzione

Quando le forze agiscono lungo la stessa retta:

- se hanno lo stesso verso, i moduli si sommano;
- se hanno verso opposto, i moduli si sottraggono.

Esempio

Due forze opposte
Su un carrello agiscono:

$$F_1 = 35\,\text{N}$$

verso destra e

$$F_2 = 12\,\text{N}$$

verso sinistra.
Scegliendo come positivo il verso verso destra, si ottiene

$$F_R = F_1 - F_2 = 35 - 12 = 23\,\text{N}.$$

La risultante è quindi

$$\boxed{F_R = 23\,\text{N}}$$

ed è diretta verso destra.

Forze bilanciate

Se la somma vettoriale delle forze è nulla, si ha

$$\boxed{\vec{F}_R = \vec{0}}.$$

In questo caso le forze sono dette **bilanciate**.

Attenzione

Una risultante nulla non implica necessariamente che il corpo sia fermo.
Il corpo può:

- rimanere fermo;
- oppure muoversi con velocità costante lungo una linea retta.

Questo risultato sarà approfondito con il primo principio della dinamica.

9 Il diagramma di corpo libero

Il **diagramma di corpo libero** è una rappresentazione semplificata di un corpo isolato dal resto dell'ambiente. Nel diagramma il corpo viene disegnato come un punto oppure come un blocco semplice e si rappresentano tutte e sole le **forze esterne** che agiscono su di esso.

Il diagramma di corpo libero è uno degli strumenti più importanti della meccanica, perché permette di:

- individuare correttamente tutte le forze;
- stabilirne direzione e verso;
- scegliere gli assi cartesiani più convenienti;
- scrivere correttamente le equazioni del problema.

9.1 Come costruire un diagramma di corpo libero

Per costruire correttamente il diagramma, conviene seguire questi passaggi.

1. **Scegli il corpo da studiare.**

   Devi stabilire con chiarezza quale oggetto vuoi isolare.

2. **Rappresenta il corpo in modo semplice.**

   Puoi disegnarlo come un punto materiale oppure come un piccolo blocco.

3. **Individua tutte le interazioni.**

   Chiediti quali corpi o campi interagiscono con l'oggetto scelto: la Terra, una superficie, una fune, una molla, una persona e così via.

4. **Disegna una freccia per ogni forza esterna.**

   Ogni freccia deve partire dal corpo e indicare direzione e verso della forza.

5. **Assegna un simbolo a ogni forza.**

   Per esempio $\vec{P}$, $\vec{N}$, $\vec{F}_a$, $\vec{F}_e$.

6. **Scegli gli assi cartesiani.**

   Gli assi devono rendere più semplici possibile le scomposizioni e i calcoli.

Attenzione

Nel diagramma di corpo libero non devono comparire:

- la velocità;
- l'accelerazione;
- la traiettoria;
- le forze esercitate dal corpo su altri oggetti;
- una presunta "forza del movimento".

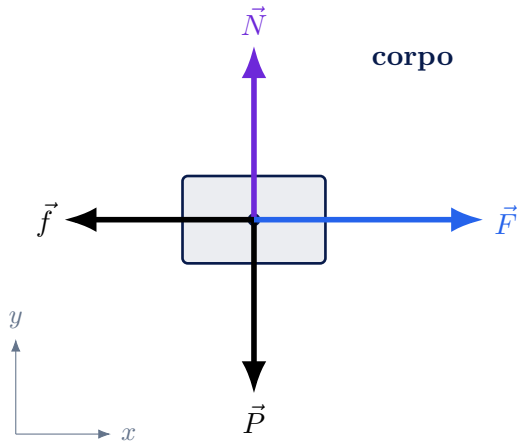
Devono comparire soltanto le forze **esercitate sul corpo scelto**.

9.2 Corpo su un piano orizzontale

Consideriamo una cassa trascinata verso destra su un piano orizzontale.

Sul corpo possono agire:

- la forza peso $\vec{P}$, diretta verso il basso;
- la reazione normale $\vec{N}$, diretta verso l'alto;
- la forza applicata $\vec{F}$, diretta verso destra;
- la forza di attrito $\vec{F}_a$, diretta verso sinistra.



Se il corpo non accelera verticalmente, le forze verticali si bilanciano:

$$N - P = 0.$$

Pertanto

$$N = P = mg.$$

Lungo la direzione orizzontale, invece, la risultante è

$$F_{R,x} = F - F_a.$$

9.3 Corpo su un piano inclinato

Quando un corpo si trova su un piano inclinato di angolo α, conviene scegliere:

- l'asse x parallelo al piano;
- l'asse y perpendicolare al piano.

La forza peso rimane sempre verticale e diretta verso il centro della Terra. Tuttavia, rispetto agli assi scelti, è utile scomporla in due componenti:

$$\boxed{P_{\parallel} = mg\sin\alpha}$$

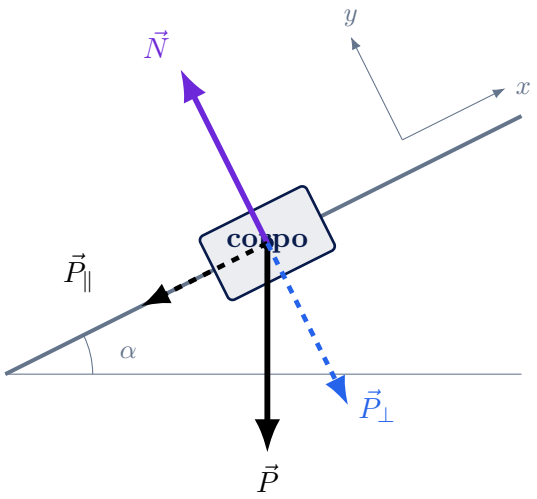
parallela al piano e diretta verso il basso lungo il piano, e

$$\boxed{P_{\perp} = mg\cos\alpha}$$

perpendicolare al piano e diretta verso il piano.

Ricorda

Le componenti $P_{\parallel}$ e $P_{\perp}$ non sono due nuove forze.
Sono semplicemente le componenti della stessa forza peso lungo gli assi scelti. Nel diagramma completo si può rappresentare il peso oppure le sue componenti, ma non bisogna sommare contemporaneamente peso e componenti.



Se non agiscono altre forze perpendicolari al piano e il corpo non si stacca dalla superficie, la reazione normale bilancia la componente perpendicolare del peso:

$$N = P_{\perp}.$$

Pertanto $\boxed{N = mg\cos\alpha}$.

La componente parallela

$$P_{\parallel} = mg\sin\alpha$$

è invece quella che tende a far scivolare il corpo verso il basso lungo il piano.

Esempio

Blocco su un piano inclinato
Un blocco di massa

$$m = 5{,}0\,\text{kg}$$

si trova su un piano inclinato di

$$\alpha = 30^\circ.$$

Il modulo della forza peso è

$$P = mg = 5{,}0 \cdot 9{,}8 = 49\,\text{N}.$$

La componente parallela al piano vale

$$P_{\parallel} = P\sin\alpha = 49\sin 30^\circ = 24{,}5\,\text{N}.$$

La componente perpendicolare al piano vale

$$P_{\perp} = P\cos\alpha = 49\cos 30^\circ \simeq 42{,}4\,\text{N}.$$

Se non agiscono altre forze perpendicolari al piano,

$$N = P_{\perp},$$

quindi

$$\boxed{N \simeq 42{,}4\,\text{N}}.$$

La componente $P_{\parallel} = 24{,}5\,\text{N}$ tende invece a far scivolare il blocco verso il basso lungo il piano.

10 Errori comuni

Attenzione

Errore 1: confondere massa e peso.
La massa si misura in kilogrammi, mentre il peso è una forza e si misura in newton.

Attenzione

Errore 2: porre sempre $N = mg$.
Questa relazione vale soltanto in situazioni particolari, per esempio per un corpo su un piano orizzontale senza altre forze verticali.
Su un piano inclinato, in assenza di altre forze perpendicolari, vale invece

$$N = mg\cos\alpha.$$

Attenzione

Errore 3: scrivere sempre $f_s = \mu_s N$.
L'attrito statico assume il valore necessario a impedire lo scorrimento, fino al valore massimo

$$f_{s,\max} = \mu_s N.$$

Attenzione

Errore 4: disegnare una "forza del movimento".
Il moto non è una forza. Velocità e accelerazione descrivono il movimento del corpo, ma non devono essere inserite tra le forze del diagramma di corpo libero.

Attenzione

Errore 5: inserire nel diagramma le forze sbagliate.
Nel diagramma devono comparire soltanto le forze che agiscono sul corpo scelto, non quelle che il corpo esercita sull'ambiente.

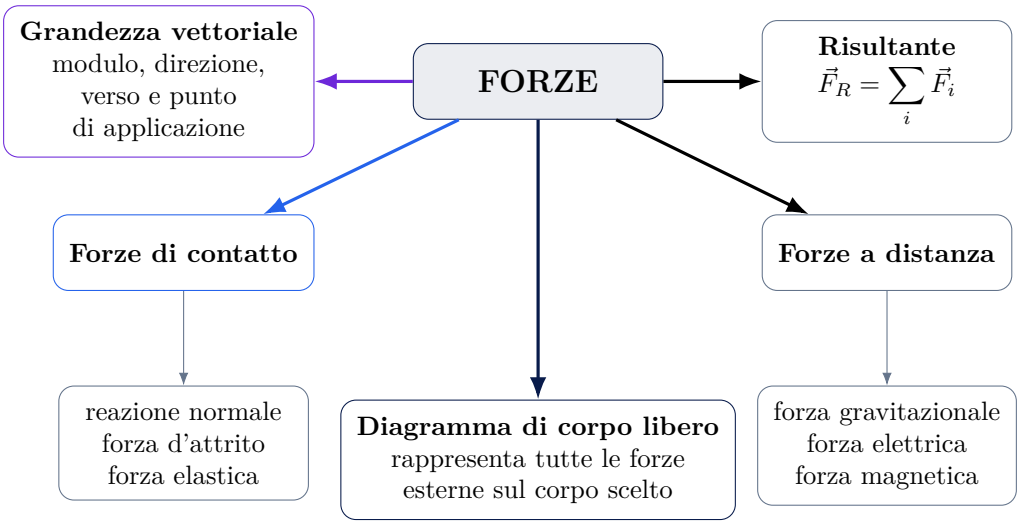
Attenzione

Errore 6: sommare il peso e le sue componenti.
Le quantità $P_\parallel$ e $P_\perp$ sono componenti della forza peso, non forze aggiuntive. Non bisogna considerare contemporaneamente $\vec{P}$, $\vec{P}_\parallel$ e $\vec{P}_\perp$ nella stessa somma.

Attenzione

Errore 7: dimenticare le conversioni.
Nella legge di Hooke, se k è espresso in N/m, l'allungamento deve essere espresso in metri e non in centimetri.

11 Mappa finale



12 Esercizi

Esercizio 1

Indica se ciascuna interazione è di contatto o a distanza: peso di un libro, attrito tra pneumatico e strada, forza di una molla, attrazione tra due magneti.

Esercizio 2

Calcola il peso di un corpo di massa 2,5kg sulla Terra usando $g = 9{,}81\text{m/s}^2$.

Esercizio 3

Una molla con $k = 150\text{N/m}$ viene allungata di 4,0cm. Calcola il modulo della forza elastica.

Esercizio 4

Su un oggetto agiscono 18N verso destra e 11N verso sinistra. Determina la risultante.

Esercizio 5

Un pacco di massa 8,0kg è fermo su un tavolo orizzontale. Disegna il diagramma di corpo libero e calcola il modulo della reazione normale.

Esercizio 6

Una cassa di massa 20kg scivola su un piano orizzontale con coefficiente di attrito dinamico $\mu_d = 0{,}30$. Calcola l'attrito dinamico usando $g = 9{,}81\text{m/s}^2$.

Esercizio 7

Una cassa è tirata verso destra da una forza di 50N; l'attrito vale 18N verso sinistra. Calcola la risultante orizzontale e rappresenta le forze.

Esercizio 8

Un blocco di massa 10kg si trova su un piano inclinato di 30°, privo di attrito. Calcola le componenti del peso parallela e perpendicolare al piano e la reazione normale.

Esercizio 9

Un blocco di massa 6,0kg è su un piano inclinato di 25°. Il coefficiente di attrito statico è $\mu_s = 0{,}50$. Verifica se l'attrito statico può impedire al blocco di scivolare. Usa $g = 9{,}81\text{m/s}^2$.

13 Soluzioni

Soluzione 1

Peso: a distanza. Attrito: contatto. Forza elastica: contatto. Attrazione magnetica: a distanza.

Soluzione 2

$$P = mg = 2{,}5 \cdot 9{,}81 = 24{,}5\text{N}.$$

Soluzione 3

Prima convertiamo $4{,}0\text{cm} = 0{,}040\text{m}$:

$$F_e = kx = 150 \cdot 0{,}040 = 6{,}0\text{N}.$$

Soluzione 4

Scelto positivo il verso destro:

$$F_R = 18 - 11 = 7\text{N}.$$

La risultante è diretta verso destra.

Soluzione 5

Agiscono il peso verso il basso e la normale verso l'alto. Essendo il pacco fermo e non essendoci altre forze verticali:

$$N = P = mg = 8{,}0 \cdot 9{,}8 = 78{,}4\text{N}.$$

Soluzione 6

$$N = mg = 20 \cdot 9{,}81 = 196\text{N},$$

$$f_d = \mu_d N = 0{,}30 \cdot 196 = 58{,}9\text{N}.$$

Soluzione 7

$$F_R = 50 - 18 = 32\text{N}.$$

La risultante è di 32N verso destra.

Soluzione 8

$$P = mg = 10 \cdot 9{,}81 = 98\text{N}.$$

$$P_{\parallel} = 98 \sin 30^\circ = 49\text{N},$$

$$P_{\perp} = 98 \cos 30^\circ \simeq 84{,}9\text{N}.$$

Senza altre forze perpendicolari:

$$N = P_{\perp} \simeq 84{,}9\text{N}.$$

Soluzione 9

La componente del peso che tende a far scivolare il blocco è

$$P_{\parallel} = mg\sin 25^\circ = 6{,}0 \cdot 9{,}81 \sin 25^\circ \simeq 24{,}9\text{N}.$$

La normale è

$$N = mg\cos 25^\circ \simeq 53{,}3\text{N}.$$

L'attrito statico massimo è

$$f_{s,\max} = \mu_s N = 0{,}50 \cdot 53{,}3 \simeq 26{,}7\text{N}.$$

Poiché $P_{\parallel} < f_{s,\max}$, l'attrito statico può equilibrare la componente parallela del peso e il blocco può rimanere fermo. L'attrito effettivo vale 24,8N, non 26,7N.

Ti è piaciuta questa scheda?
Sul sito trovi altre risorse gratuite di fisica e matematica: teoria, esempi, esercizi e soluzioni pensati per studiare meglio, senza perdersi tra formule scritte male e spiegazioni inutilmente complicate.

STEMPower
www.progettostempower.it
Instagram: @stem_power_