

↑ IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
Apertura capitolo	<p> ESPERIMENTI A CASA</p> <p>Uniamo le forze In che direzione si sposta un corpo a cui vengono applicate due forze non parallele?</p>	2
1. Grandezze vettoriali e scalari	<p> ANIMAZIONE</p> <p>I vettori e gli scalari Definizione ed esempi di grandezze vettoriali</p>	1
2. Operazioni sui vettori	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Le operazioni con i vettori Moltiplicazione per uno scalare, somma e differenza tra vettori</p>	3
3. Le componenti di un vettore	<p> ESPERIMENTO VIRTUALE</p> <p>Somma di vettori Gioca, misura, esercitati</p>	
4. Il prodotto scalare	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Versori e componenti cartesiane di un vettore Come si ottengono le componenti di un vettore lungo gli assi cartesiani? E lungo direzioni qualsiasi?</p>	1
5. Il prodotto vettoriale	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Prodotto scalare Come si calcola il prodotto scalare tra due vettori?</p>	1
8. Le forze di attrito	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Prodotto vettoriale Come si calcola il prodotto vettoriale tra due vettori?</p>	1
I concetti e le leggi	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Le forze di attrito A cosa sono dovute? Quali sono le caratteristiche dei diversi tipi di attrito?</p>	2
	<p> IN 3 MINUTI</p> <p>La forza</p>	
	<p> MAPPA INTERATTIVA</p>	
Esercizi	<p>20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»</p>	

↳ VERSO IL CLIL

🇬🇧 FORMULAE IN ENGLISH

🔊 AUDIO

Weight	$F_p = mg$	Weight equals mass multiplied by gravitational acceleration.
Static friction force	$F_s = \mu_s F_{\perp}$	The maximum value of the static friction force can apply is equal to the product of the coefficient of static friction and the normal force.
Kinetic friction force	$F_d = \mu_d F_{\perp}$	The magnitude of kinetic friction force is equal to the product of the coefficient of kinetic friction and the normal force.
Elastic force	$\vec{F} = -k\vec{x}$	The elastic force equals the product of the spring constant and the displacement, the minus sign implies that the force acts in opposition to the applied load.

🇬🇧 QUESTIONS AND ANSWERS

🔊 AUDIO

► **Why are vectors needed in Physics?**

Many quantities in Physics, such as the mass of a book or the time taken for it to fall a certain distance are fully described by a “size” called a scalar: 10 kg or 10 s for instance. Some quantities such as velocity or force also have direction and to be understandable and verifiable Physics requires a mechanism for describing both magnitude and direction, which are combined in vectors.

► **State the general formula of the vector components of a vector in the x-y plane with its start point at (0,0), with magnitude a and angle to the x-axis of θ . Give the components for $\theta = 0^\circ, 45^\circ$ and 90° .**

The components of the vector along the x-axis is $a_x = a \cdot \cos\theta$ and along the y-axis is $a_y = a \cdot \sin\theta$. When $\theta = 0^\circ$, $\cos\theta = 1$ and $\sin\theta = 0$, therefore $a_x = a$ and $a_y = 0$. When $\theta = 45^\circ$, $\cos\theta = 0.707$ and $\sin\theta = 0.707$, therefore $a_x = a_y = 0.707a$. When $\theta = 90^\circ$, $\cos\theta = 0$ and $\sin\theta = 1$, therefore $a_x = 0$ and $a_y = a$.

► **What is the difference between a scalar and a vector?**

A scalar is a quantity that is fully described by a magnitude (numerical value) alone, whereas a vector is described by both a magnitude and a direction: 5 km and 5 km/s are scalars whereas 5 km north and 5 km/s west are vectors.

► **The following instructions are in vector form: A) move 10 m north-west, B) move 10 m north, C) move 10 m east, D) move 10 m south. Does it matter in which order the instructions are carried out?**

The sum of a number of vectors is called the resultant, the sum of the displacement vectors \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} and \vec{D} is the resultant displacement. Vector addition is commutative, for example $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} = \vec{C} + \vec{A} + \vec{D} + \vec{B}$, and the resultant is independent of the order in which the vectors are added. Therefore the above vector instructions can be carried out in any order and the resultant displacement will always be the same.

► **What is meant by friction force, and what factors affect it?**

A friction force is created whenever two surfaces move or try to move across each other, it always acts in opposition to the motion or attempted motion of the one surface across the other. It is dependent on the texture of both surfaces and is dependent on the amount of contact force (expressed as a normal force) pushing the two surfaces together.

- ▶ A child is trying to slide a box of toys across a wooden floor, initially the child has difficulty getting the box to move and then finds it easier to push the box. Explain this in terms of static and kinetic friction.

The child is trying to slide two objects past each other, initially the force of friction is greater than the force applied by the child. This can be thought of as a phase of static friction. As the child applies a little more force, the box “breaks free” and slides, and the child continues to apply the force to keep the box in motion. This is the phase of kinetic friction. The force the child needs to exert to keep the box moving or sliding is less than initially needed to overcome the static friction.

- ▶ State Hooke's Law in words and define an ideal spring.

Hooke's law states that an ideal spring exerts forces that push when contracted, or pull when extended, in proportion to the displacement of the spring from its equilibrium position. An ideal spring is defined as one without mass, not subject to friction, unbreakable, and infinitely stretchable.

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

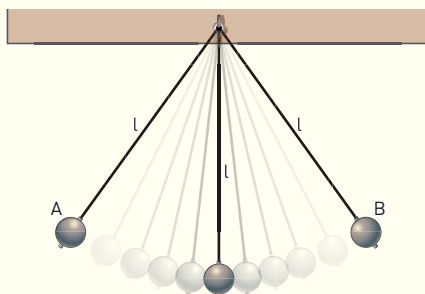
1 GRANDEZZE VETTORIALI E SCALARI

- 4 Fra le seguenti grandezze, dividi quelle vettoriali da quelle scalari:

Forza, massa, spostamento, velocità, temperatura, densità, lunghezza, volume, peso, intervallo di tempo, carica elettrica.

- 5 Qual è la differenza tra distanza percorsa e modulo del vettore spostamento da un punto *A* a un punto *B*?

- 8 ★★★ Un pendolo è costituito da una piccola pallina di piombo fissata a un'asta rigida di lunghezza $l = 15$ cm. Muovendosi dal punto *A* al punto *B* o viceversa la pallina percorre $1/5$ della lunghezza della circonferenza di raggio l . Il periodo del pendolo, cioè il tempo impiegato dalla pallina a compiere un'oscillazione completa (ad esempio da *A* a *B* e ritorno) è di 4 s. Si mette in oscillazione il pendolo facendo partire la pallina dal punto *A*.



- ▶ Calcola la distanza percorsa dalla pallina dopo che ha fatto un numero N di oscillazioni complete.
- ▶ Disegna sulla figura il vettore spostamento della pallina dopo 1 s, 2 s, $4n$ s (dove n è un numero intero positivo qualsiasi).

$[(N \times 38) \text{ cm}]$

- 9 ★★★ Una chiocciola, procedendo con una velocità di modulo v costante, ha salito 7 gradini di una scalinata. I gradini sono di forma rettangolare e hanno una lunghezza pari al triplo dell'altezza. Lo spostamento della chiocciola è stato di 266 cm.

- ▶ Determina la direzione e il verso del vettore spostamento.
- ▶ Calcola la distanza totale percorsa dalla chiocciola.

$[3,36 \text{ m}]$

2 OPERAZIONI SUI VETTORI

PROBLEMA MODELLO 1 INDAGINE SU UN DELITTO

Un commissario di polizia interroga un sospettato e gli chiede di raccontare nel dettaglio tutti i suoi spostamenti in macchina nella sera in cui è stato commesso un delitto. L'uomo descrive il percorso che ha seguito una volta uscito da lavoro (L) per arrivare a casa (C), che si trova a 9,0 km a ovest rispetto a L : da L ha percorso 2,0 km verso sud, 1,0 km verso est, altri 4,0 km verso sud e da lì ha imboccato una strada che arriva dritta fino a C . Una telecamera ha registrato il passaggio dell'auto del sospettato sul luogo del delitto (D) che si trova 5,0 km a sud e 1,0 km a est di C .

- ▶ Disegna i vettori dei singoli spostamenti descritti dal sospetto e il vettore spostamento complessivo.
- ▶ Qual è la via più breve per andare da L a C ? Quanta distanza avrebbe risparmiato il sospettato percorrendola?
- ▶ Riporta sullo stesso disegno il punto D . Il sospettato ha raccontato la verità?

■ DATI

Distanza lavoro-casa: $\overline{LC} = 9,0$ km
 Singoli vettori spostamento: $s_1 = 2,0$ km verso sud, $s_2 = 1,0$ km verso est, $s_3 = 4,0$ km verso sud
 Posizione di D : 5,0 km a sud e 1,0 km a est di C

■ INCOGNITE

Vettore spostamento complessivo: $\vec{s} = ?$
 Distanza risparmiabile: $\Delta d = ?$

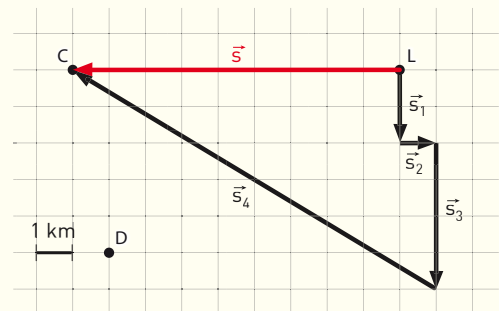
L'IDEA

- Per trovare il vettore spostamento complessivo conviene usare il metodo punta-coda.
- La via più breve per andare da L a C è il percorso rettilineo indicato dal vettore spostamento complessivo.
- Graficamente posso verificare se nel tragitto descritto dal sospettato è compreso il punto D , dove è stato visto dalla telecamera.

LA SOLUZIONE

Disegno i singoli vettori spostamento e il vettore spostamento complessivo.

Rappresento ogni spostamento con un vettore che ha la coda nel punto di partenza e la punta nel punto di arrivo. Lo spostamento risultante \vec{s} (in rosso) unisce la coda del primo con la punta dell'ultimo.



Calcolo la distanza che avrebbe risparmiato percorrendo la via più breve.

La distanza più breve è di 9,0 km (la lunghezza del vettore spostamento complessivo), mentre quella totale percorsa è $d = s_1 + s_2 + s_3 + s_4$.
 La lunghezza del vettore \vec{s}_4 è:

$$s_4 = \sqrt{(10,0 \text{ km})^2 + (6,0 \text{ km})^2} = 11,7 \text{ km}.$$

Quindi ottengo

$$d = (2,0 + 1,0 + 4,0 + 11,7) \text{ km} = 18,7 \text{ km}.$$

La distanza risparmiata sarebbe stata pari a:

$$\Delta d = d - s = 18,7 \text{ km} - 9,0 \text{ km} = 9,7 \text{ km}.$$

Verifico se il punto D è compreso nel percorso.

Il percorso descritto dal sospettato non è in accordo con quanto ha registrato la telecamera.

PER NON SBAGLIARE

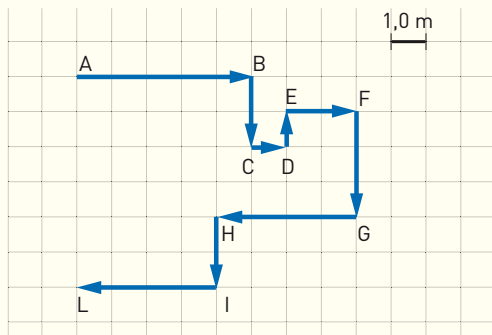
Il modulo del vettore spostamento complessivo non è uguale alla somma dei moduli dei vettori spostamento.

26 *** Disegna due vettori \vec{u} e \vec{v} che formino tra loro un angolo di 120° con modulo a piacere.

- ▶ Disegna i vettori $\vec{w}_1 = \vec{u} - \vec{v}$ e $\vec{w}_2 = \vec{u} + \vec{v}$.
- ▶ Quanto vale, rispetto a v , il modulo di $\vec{w}_2 - \vec{w}_1$?

[2v]

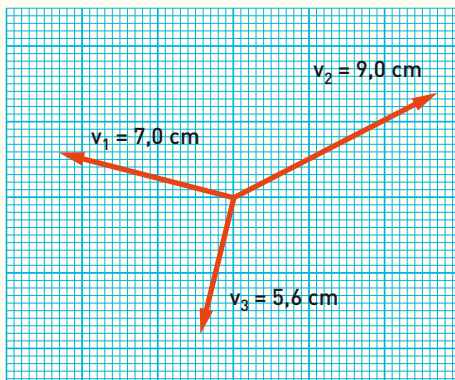
27 *** Una signora segue il percorso indicato da A a L per raggiungere il supermercato.



- ▶ Disegna il vettore spostamento complessivo.
- ▶ Disegna il vettore spostamento relativo al tratto BCDEF e calcolane il modulo.
- ▶ Calcola la distanza totale percorsa dalla signora.

[3,2 m; 24,0 m]

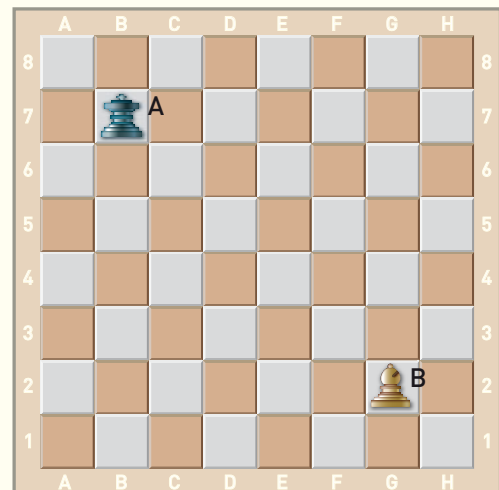
28 *** Ricalca con un foglio trasparente i tre vettori della figura seguente.



Prova a sommare i vettori in quest'ordine con il metodo del parallelogramma:

- ▶ $(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) + \vec{v}_3$, cioè somma prima \vec{v}_1 con \vec{v}_2 e poi il risultato con \vec{v}_3 ;
- ▶ $\vec{v}_1 + (\vec{v}_2 + \vec{v}_3)$.
- ▶ I due vettori somma ottenuti sono uguali?

29 *** Nel gioco degli scacchi ogni pezzo può fare soltanto un determinato movimento: l'alfiere si muove solo in diagonale, la torre solo in orizzontale o verticale, il cavallo si muove formando una L, per esempio di due caselle in direzione orizzontale e poi di una casella in direzione verticale. La regina invece può muoversi in tutte le direzioni, ma non può muoversi come un cavallo. Considera la scacchiera nella seguente figura, in cui ogni casella ha lato pari a 3,0 cm.



- ▶ In posizione A si trova il re e in posizione B l'alfiere della squadra avversaria: quanto misura il vettore spostamento che deve compiere l'alfiere per arrivare al re? Quanto misurano le sue componenti secondo le direzioni orizzontale e verticale?
- ▶ In B si trova la torre: qual è il numero minimo di mosse che può fare la torre per arrivare al re e quali sono le mosse da fare? Qual è il vettore spostamento?

- ▶ In B si trova il cavallo: riesce a raggiungere il re? In quante mosse? Come si spiega in termini di componenti verticali e orizzontali?
- ▶ In B si trova la regina: qual è la mossa migliore da fare?
[21 cm, 15 cm, 15 cm; 2 mosse, 21 cm; 4 mosse]

30 **★★★** In un flipper, a ogni colpo ricevuto dalla levetta la biglia segue i più svariati percorsi. Andrea sta giocando con un flipper in cui la distanza tra le punte delle levette è di 1,2 cm. Al primo lancio colpisce la biglia con la punta

della levetta sinistra. La biglia percorre 50 cm in verticale, compie tre giri in una sorta di centrifuga con un raggio di 3 cm, poi percorre altri 4 cm e cade in una buca profonda 2 cm, viene rilanciata in alto di 7 cm da una molla e infine percorre altri 47 cm e Andrea la colpisce di nuovo con la punta della levetta di destra.

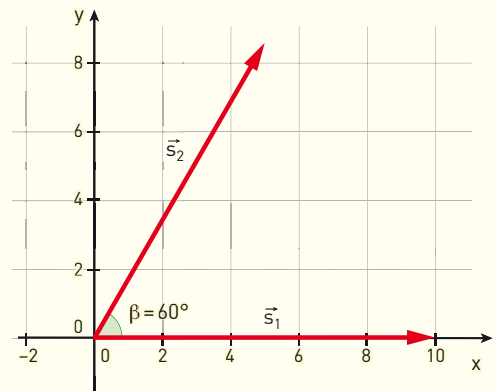
- ▶ Com'è diretto il vettore spostamento risultante e quanto vale il suo modulo?
- ▶ Calcola la distanza totale percorsa.
[orizzontalmente, 1,2 cm; 167 cm]

3 LE COMPONENTI DI UN VETTORE

PROBLEMA MODELLO 3 SOMMA DI DUE VETTORI TRAMITE COMPONENTI

I due vettori spostamento \vec{s}_1 e \vec{s}_2 hanno entrambi un modulo pari a 10,0 m. \vec{s}_1 giace sul semiasse positivo delle ascisse mentre \vec{s}_2 forma un angolo di 60° con la stessa semiretta. Calcola:

- ▶ le componenti cartesiane del vettore $\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$;
- ▶ il modulo del vettore somma \vec{s} .



■ DATI

Modulo del primo vettore: $s_1 = 10,0$ m;
 Modulo del secondo vettore: $s_2 = 10,0$ m;
 Angolo tra il semiasse positivo delle ascisse e il primo vettore: $\alpha = 0^\circ$;
 Angolo tra il semiasse positivo delle ascisse e il secondo vettore: $\beta = 60^\circ$.

■ INCOGNITE

Componenti cartesiane della vettore somma:
 $s_x = ?$, $s_y = ?$,
 Modulo della vettore somma: $s = ?$

L'IDEA

- Le componenti del vettore somma sono la somma delle componenti corrispondenti dei due vettori di partenza.

LA SOLUZIONE

Calcolo le componenti di ciascun vettore spostamento.

Utilizziamo le formule goniometriche per trovare le componenti di \vec{s}_1 e \vec{s}_2 . Osserviamo che \vec{s}_1 ha solo componente lungo l'asse delle ascisse, perciò:

$$\begin{cases} s_{1,x} = 10,0 \text{ m} \\ s_{1,y} = 0 \text{ m.} \end{cases}$$

Mentre per \vec{s}_2 :

$$\begin{cases} s_{2,x} = s_1 \cos \beta = (10,0 \text{ m}) \times \cos(60^\circ) = 5,0 \text{ m} \\ s_{2,y} = s_1 \sin \beta = (10,0 \text{ m}) \times \sin(60^\circ) = 8,7 \text{ m}. \end{cases}$$

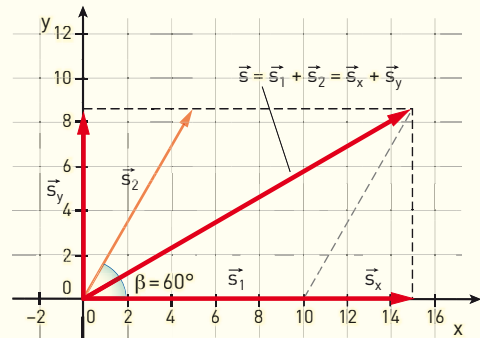
Sommo le componenti corrispondenti per trovare quelle di \vec{s} .

$$\begin{cases} s_x = s_{1,x} + s_{2,x} = 10,0 \text{ m} + 5,0 \text{ m} = 15,0 \text{ m} \\ s_y = s_{1,y} + s_{2,y} = 0 \text{ m} + 8,7 \text{ m} = 8,7 \text{ m}. \end{cases}$$

Utilizzo il teorema di Pitagora per trovare il modulo di \vec{s} .

Abbiamo determinato i due vettori componenti \vec{s}_x e \vec{s}_y , illustrati nella figura a fianco. Inoltre abbiamo che $\vec{s}_1 + \vec{s}_2 = \vec{s} = \vec{s}_x + \vec{s}_y$. Ma i vettori \vec{s}_x e \vec{s}_y sono perpendicolari tra loro, per cui si può calcolare il modulo di \vec{s} con il teorema di Pitagora:

$$s = \sqrt{(15,0 \text{ m})^2 + (8,7 \text{ m})^2} = 17,3 \text{ m}.$$



PER NON SBAGLIARE

È importante prestare attenzione quando un angolo è negativo. Se ad esempio $\alpha = -45^\circ$, questo significa che si passa dal semiasse positivo delle ascisse al vettore s_1 percorrendo un'ampiezza di 45° in senso orario.

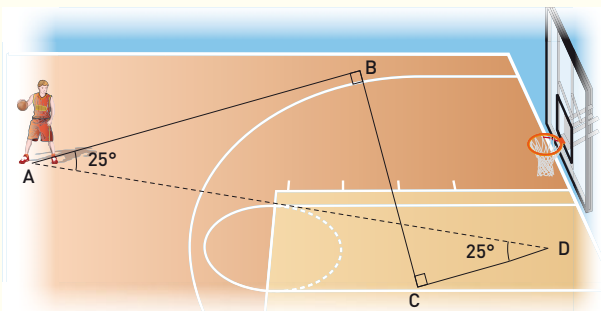
Per esempio si ha $\sin(-45^\circ) = -\sin(45^\circ) = -\frac{\sqrt{2}}{2}$.

38 **★★★** Una mappa del tesoro dà le indicazioni per arrivare al nascondiglio in questo modo: camminare verso nord per 5 passi, proseguire per 8 passi verso ovest, per 3 passi verso nord e infine ruotare di 53° in direzione est e percorrere 10 passi.

► Determina il vettore spostamento totale.

[14 passi, verso nord]

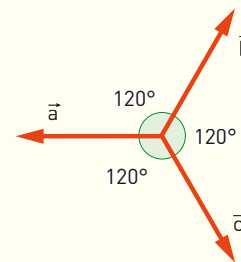
39 **★★★** Durante un'azione in una partita di basket, un giocatore partendo da A evita due avversari e giunge sotto al canestro in D seguendo lo schema nella figura. I tratti \overline{AB} e \overline{CD} misurano rispettivamente 4 m e 1,5 m.



► Qual è la lunghezza del vettore spostamento?

[6,1 m]

42 **★★★** Considera i tre vettori \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} aventi lo stesso modulo, pari a 10, e disposti come in figura.



► Riproduci il disegno su un piano cartesiano con l'origine del sistema coincidente con le code dei vettori e l'asse x coincidente con il vettore \vec{a} , ma orientato verso destra.

► Disegna i vettori componenti dei vettori dati.

► Calcola il modulo del vettore somma $\vec{d} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$.

► Verifica graficamente il risultato numerico.

[$d_x = 0$; $d_y = 0$]

43 Un vettore \vec{a} di modulo pari a 15,0 forma con l'asse delle ascisse un angolo di 120° . Un secondo vettore \vec{b} , di modulo uguale al precedente, forma con l'asse delle ascisse un angolo di $60,0^\circ$.

- ▶ Rappresenta graficamente in un piano cartesiano i due vettori \vec{a} e \vec{b} con i rispettivi vettori componenti.
- ▶ Disegna quindi il vettore somma $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.
- ▶ Calcola il modulo del vettore somma $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ con il metodo delle componenti.

$[c_x = 0; c_y = 26,0]$

4 IL PRODOTTO SCALARE

58 Dati due vettori $\vec{r} = 3\hat{x} + 2\hat{y}$ e $\vec{s} = \hat{x} + k\hat{y}$. Trova il valore (o i possibili valori) di k in modo tale che:

- ▶ \vec{r} e \vec{s} siano perpendicolari.
- ▶ \vec{r} e \vec{s} formino un angolo acuto.

$[-3/2; k > -3/2]$

59 Due vettori \vec{a} e \vec{b} hanno moduli, rispettivamente, di 5,0 e 8,0. Il valore del loro prodotto scalare è $20\sqrt{2}$.

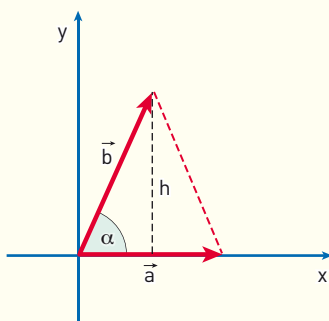
- ▶ Calcola l'ampiezza dell'angolo formato dalle direzioni dei due vettori.

$[45^\circ]$

5 IL PRODOTTO VETTORIALE

63 Dati due vettori di modulo 10, in quale intervallo di valori può variare il modulo del loro prodotto vettoriale?

64 Nella figura è disegnato un triangolo che ha per lati i due vettori \vec{a} e \vec{b} e il segmento tratteggiato che li unisce. Che relazione c'è fra l'area del triangolo ($\frac{1}{2}ah$) e il modulo del prodotto vettoriale $\vec{a} \times \vec{b}$?



71 Le code di due vettori si trovano nello stesso punto e i vettori sono i due lati di un triangolo equilatero di lato 5,00 cm.

- ▶ Determina il modulo del prodotto vettoriale tra i due vettori.

$[21,7 \text{ cm}^2]$

44 Un pesce sta nuotando in direzione orizzontale quando incontra sopra di lui un banco di meduse, che occupa una lunghezza di 250 m. Per evitare le meduse, il pesce scende con un angolo di 50° rispetto alla superficie dell'acqua percorrendo 80,0 m e poi risale con un angolo di 20° rispetto al fondo del mare fino a raggiungere la stessa profondità da cui era partito.

- ▶ Quale distanza percorre risalendo?
- ▶ Riesce ad oltrepassare il banco di meduse?

$[179 \text{ m}; \text{no}]$

60 Dati i due vettori $\vec{v}_1 = -2\hat{x} + 3\hat{y}$ e $\vec{v}_2 = -2\hat{x} - 2\hat{y} + 4\hat{z}$, calcola:

- ▶ il loro prodotto scalare;
- ▶ il loro modulo;
- ▶ l'angolo fra essi compreso.

$[-2; \sqrt{13}, 2\sqrt{6}; 97^\circ]$

72 Due macchine A e B escono dallo stesso parcheggio. B percorre 450 m verso ovest, A procede per 200 m verso nord-ovest in una direzione che forma un angolo di 20° rispetto a quella di B.

- ▶ Determina il modulo, la direzione e il verso del prodotto $\vec{s}_A \times \vec{s}_B$ dei due vettori spostamento.

$[3,08 \times 10^4 \text{ m}^2]$

73 Devi disegnare una circonferenza di raggio $R = 3,5$ cm utilizzando un compasso. Due vettori \vec{a}_1 e \vec{a}_2 di lunghezza 14 cm e con la coda nella testa del compasso rappresentano le aste in metallo del compasso.

- ▶ Quale angolo risulta compreso tra i due vettori quando apri il compasso?
- ▶ Che cosa rappresenta il modulo del vettore $\frac{1}{2}(\vec{a}_1 \times \vec{a}_2)$? Calcolane il valore.
- ▶ Indica la direzione di questo vettore quando il compasso è puntato sul foglio.

$[15^\circ; 25 \text{ cm}^2]$

6 LE FORZE

- 77** Un lampadario si stacca improvvisamente dal soffitto.
- ▶ Quali sono le forze applicate prima e durante la caduta?
 - ▶ Sono forze di contatto o a distanza?
- 78** Fai tre esempi per ognuna delle situazioni seguenti:
- ▶ una forza fa muovere un oggetto che prima era fermo;
 - ▶ una forza fa fermare un oggetto che prima si muoveva;
 - ▶ una forza fa cambiare direzione a un oggetto in movimento.
- 79** Per spostare un tavolo da biliardo, Luca e Giovanni applicano ciascuno una forza sullo stesso lato del tavolo, di uguale intensità e nella stessa direzione.
- ▶ È sufficiente questa descrizione per capire come si muoverà il tavolo?

- 80 PENSACI BENE** È corretto affermare che il dinamometro è uno strumento per misurare l'allungamento di una molla?
- 81 APPLICA I CONCETTI** Che forza applichi al tuo zaino quando lo porti in spalla?
- 82 PENSACI BENE** La forza risultante di due forze \vec{F}_1 e \vec{F}_2 ha sempre un'intensità pari alla somma delle intensità delle due forze, purché le due forze abbiano la stessa direzione.
- ▶ È corretto? Perché?

PROBLEMA MODELLO 4 UN AMICO DISPETTOSO

Alberto e Boris trascinano un carrellino sopra un pavimento liscio, come mostrato nella figura, applicando due forze \vec{F}_A e \vec{F}_B di modulo pari a 30,0 N. Le due forze formano tra loro un angolo di 110° . Il loro amico Carlo, per fare loro uno scherzo, cerca di trattenere il carrellino applicando una forza \vec{F}_C di 28,0 N nella direzione del moto, ma in verso opposto.

- ▶ Determina la forza risultante \vec{F} applicata sul carrellino e stabilisci se Carlo riesce nel suo intento.



■ DATI

Modulo della forza di Alberto: $F_A = 30,0$ N
 Modulo della forza di Boris: $F_B = 30,0$ N
 Modulo della forza di Carlo: $F_C = 28,0$ N
 Angolo tra F_A e F_B : 110°
 Angolo tra F_C e la direzione del moto: $\gamma = 180^\circ$

■ INCOGNITE

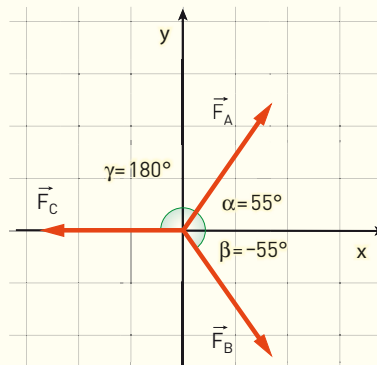
Forza risultante sul carrellino: $\vec{F} = ?$

L'IDEA

- Fisso un sistema di riferimento opportuno lungo cui scomporre le forze: scelgo l'asse delle ascisse coincidente con la direzione della forza applicata da Carlo, ma di verso opposto.
- Utilizzo le formule della teoria per trovare le componenti di \vec{F}_A , \vec{F}_B , \vec{F}_C e $\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C$.

LA SOLUZIONE

Rappresento le forze che agiscono sul carrellino.



Calcolo le componenti di ciascuna forza.

Osservo che nel sistema di riferimento scelto, l'angolo α tra \vec{F}_A e il semiasse positivo delle ascisse è di 55° ; l'angolo β tra \vec{F}_B e il semiasse positivo delle ascisse è negativo (-55°).

$$\begin{cases} F_{A,x} = F_A \cos \alpha = (30,0 \text{ N}) \times \cos(55^\circ) = 17,2 \text{ N} \\ F_{A,y} = F_A \sin \alpha = (30,0 \text{ N}) \times \sin(55^\circ) = 24,6 \text{ N}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{B,x} = F_B \cos \beta = (30,0 \text{ N}) \times \cos(-55^\circ) = 17,2 \text{ N} \\ F_{B,y} = F_B \sin \beta = (30,0 \text{ N}) \times \sin(-55^\circ) = -24,6 \text{ N}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{C,x} = -28,0 \text{ N} \\ F_{C,y} = 0 \text{ N}. \end{cases}$$

Sommo le componenti delle tre forze per trovare quelle di \vec{F} .

$$\begin{cases} F_x = F_{A,x} + F_{B,x} + F_{C,x} = 17,2 \text{ N} + 17,2 \text{ N} - 28,0 \text{ N} = 6,4 \text{ N} \\ F_y = F_{A,y} + F_{B,y} + F_{C,y} = 24,6 \text{ N} - 24,6 \text{ N} + 0 \text{ N} = 0 \text{ N}. \end{cases}$$

Ricavo il modulo di \vec{F} .

Dal momento che la componente F_y è nulla, il modulo di \vec{F} coincide con F_x :

$$F = F_x = 6,4 \text{ N}.$$

Quindi sul carrellino agisce una forza risultante di modulo 6,4 N diretta lungo il semiasse positivo delle ascisse. Carlo non riesce nell'intento di fermare il carrellino.

88 ★★★ Vogliamo migliorare la taratura di un dinamometro inserendo le tacche con i decimi di newton.

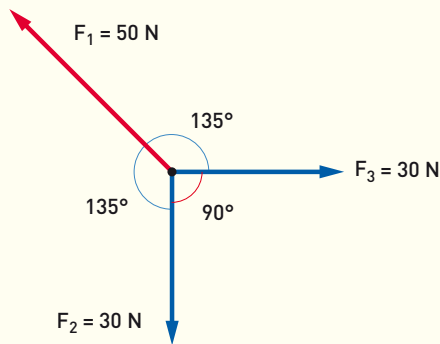
- ▶ Che massa deve avere un oggetto su cui si esercita una forza-peso di intensità di 0,1 N?

89 ★★★ La forza \vec{F}_1 agisce nella direzione nord-sud, rivolta verso sud e con un'intensità di 30 N. Una seconda forza \vec{F}_2 è descritta dalla formula $\vec{F}_2 = -2,5 \vec{F}_1$.

- ▶ Quali sono la direzione e il verso di \vec{F}_2 ?
- ▶ Quanto vale il modulo di \vec{F}_2 ?

[75 N]

- 94** ★★★ Tre fratelli si contendono un joystick per giocare con una console, tirando con forze di intensità 50 N, 30 N, 30 N, come illustrato nella figura.



- ▶ Calcola la forza risultante.
- ▶ Chi si guadagna il turno per giocare?
 [Direzione di \vec{F}_1 , verso concorde, intensità 8 N]

- 95** ★★★ In un porto si stanno caricando dei container su una nave. Per tenere fermo un container su una rampa inclinata di 40° rispetto al piano orizzontale, una gru deve esercitare una forza di 720 N.
- ▶ Calcola le componenti orizzontale e verticale della forza esercitata dalla gru.

[552 N; 463 N]

7 LA FORZA PESO E LA MASSA

- 98** PENSACI BENE Immagina di poter andare nello spazio in un punto lontanissimo da qualunque corpo celeste, e di portare con te un dinamometro per pesarti.
- ▶ Quale peso segnerebbe? Perché?

- 99** PENSACI BENE Un astronauta si trova nello spazio a metà strada fra due stelle di uguale massa. Immagina che tutti gli altri oggetti celesti siano a distanza infinita.
- ▶ Quanto vale il peso (in newton) dell'astronauta?

- 104** ★★★ Sulla Terra un coniglio ha una massa di 3,80 kg. Se potesse viaggiare su Nettuno, il suo peso aumenterebbe di 4,56 N.

- ▶ La costante di proporzionalità g_N tra peso e massa su Nettuno è maggiore o minore rispetto alla Terra?
- ▶ Quanto vale g_N ?

[11,0 N/kg]

- 105** ★★★ La sonda «Curiosity» è stata inviata su Marte per prelevare dei campioni di roccia. Il suo peso sulla Terra è di 8820 N mentre su Marte è di 3366 N.
- ▶ Qual è la massa della sonda?
 - ▶ Quanto vale g su Marte?

[900 kg; 3,74 N/kg]

8 LE FORZE DI ATTRITO

PROBLEMA MODELLO 6 CANI DA SLITTA

Nel circolo polare artico gli Eschimesi e gli Indiani Athabaska usano slitte trainate da cani per spostarsi e trasportare materiale.

Una famiglia formata da padre, madre e due figli deve mettersi in viaggio con un carico di legname. La massa complessiva della slitta carica con la famiglia a bordo è $m = 500$ kg. Un cane può tirare la slitta con una forza parallela al suolo di $F_{\text{cane}} = 50$ N. Il coefficiente di attrito dinamico tra la slitta e la neve vale $\mu_d = 0,10$.

- ▶ Quale forza è necessaria per mantenere in moto la slitta una volta partita con andatura costante?
- ▶ Qual è il numero minimo di cani necessari per trainare la slitta?
- ▶ Quanto vale la forza premente se la strada ha una pendenza di 20° ? E la forza di attrito dinamico?

■ DATI

Massa totale della slitta: $m = 500$ kg
 Forza che può esercitare un cane: $F_{\text{cane}} = 50$ N
 Coefficiente di attrito dinamico: $\mu_d = 0,10$
 Pendenza della strada: $\alpha = 20^\circ$

■ INCOGNITE

Forza per mantenere in moto la slitta: $\vec{F} = ?$
 Numero di cani necessari: $N = ?$
 Valore della forza premente con pendenza: $\vec{F}'_1 = ?$
 Forza di attrito con pendenza: $F'_d = ?$

L'IDEA

- La forza di attrito dinamico ha la stessa direzione del moto ma verso opposto e ha modulo proporzionale alla forza premente ($F_d = \mu_d F_{\perp}$).
- Per mantenere l'andatura della slitta costante, i cani devono esercitare una forza della stessa intensità di quella di attrito ma con verso opposto.
- Se la strada è in pendenza, cambia la forza premente. Il valore di F'_{\perp} è dato dal modulo del vettore componente della forza-peso diretto perpendicolarmente alla strada.
- Calcolo la forza di attrito nel caso della strada in pendenza con la stessa formula della prima domanda.

LA SOLUZIONE

Calcolo l'intensità della forza premente sulla strada innevata pianeggiante.

$$F_{\perp} = F_p = mg = (500 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ N/kg}) = 4,9 \times 10^3 \text{ N}.$$

Calcolo l'intensità della forza di traino necessaria a contrastare l'attrito.

$$F = F_d = \mu_d F_{\perp} = 0,10 \times (4,9 \times 10^3 \text{ N}) = 4,9 \times 10^2 \text{ N}.$$

Ricavo il numero minimo di cani necessari per trainare la slitta.

$$N = \frac{F}{F_{\text{cane}}} = \frac{4,9 \times 10^2 \text{ N}}{50 \text{ N}} = 10.$$

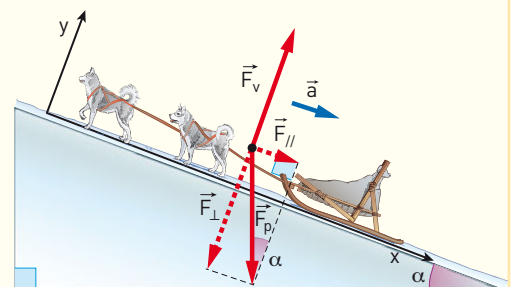
Determino il modulo della forza premente sulla strada in caso di pendenza.

Dal disegno, vediamo che il modulo del vettore componente della forza-peso perpendicolare alla strada si può calcolare come:

$$F'_{\perp} = F_p \cos(20^\circ) = (4,9 \times 10^3 \text{ N}) \times 0,940 = 4,6 \times 10^3 \text{ N}.$$

Calcolo la forza di attrito dinamico nel caso con pendenza.

$$F'_d = \mu_d F'_{\perp} = 0,10 \times (4,6 \times 10^3 \text{ N}) = 4,6 \times 10^2 \text{ N}.$$



121 ★★★ Un'auto da corsa sta provando un nuovo circuito. La massa complessiva di auto e pilota è di 642 kg e il coefficiente d'attrito dinamico tra pneumatici e asfalto è di 0,80.

- ▶ Qual è la forza d'attrito che agisce sulla vettura?
- ▶ All'improvviso inizia a piovere e il nuovo coefficiente d'attrito diventa 0,25. Qual è la forza d'attrito adesso?

[$5,0 \times 10^3 \text{ N}$; $1,6 \times 10^3 \text{ N}$]

122 ★★★ Giuseppe deve spostare una cassetta di plastica piena di angurie di peso totale 350 N. La spinge con una forza orizzontale su un pavimento di cemento. Il coefficiente di attrito statico tra plastica e cemento è 0,70, mentre il coefficiente di attrito dinamico è 0,30.

- ▶ Calcola la forza necessaria a mettere in moto la cassetta.
- ▶ Calcola la forza da esercitare per mantenere in movimento la cassetta.
- ▶ Mentre la cassa si muove, Luca aggiunge un'anguria che pesa 78 N. Di quanto deve aumentare la forza esercitata da Giuseppe perché la cassetta non si fermi?

[$2,5 \times 10^2 \text{ N}$; $1,1 \times 10^2 \text{ N}$; 23 N]

- 123** ★★★ Un pinguino di massa 33 kg sta scivolando su un blocco di ghiaccio che ha una pendenza di 26° . Il coefficiente di attrito dinamico fra il pinguino e il ghiaccio vale 0,05.
- Qual è l'intensità della forza di attrito che si oppone al suo scivolamento?

[15 N]

- 124** ★★★ Invece di prendere le scale, Bob scende dal secondo al primo piano scivolando sulla ringhiera che è inclinata di 30° . Il coefficiente di attrito dinamico vale 0,50 e Bob pesa 440 N.
- Quanto vale la differenza tra la forza che tende a farlo scendere verso il basso e la forza di attrito dinamico?

[29 N]

9 LA FORZA ELASTICA

PROBLEMA MODELLO 7 GIOCHI A MOLLA

In un parco giochi per bambini si trova un cavallino a dondolo che ha un'altezza di 55 cm. La molla si accorcia di 3 cm quando un bambino di 20 kg sale sul cavallino.

- Determina l'intensità della forza elastica esercitata dalla molla quando il bambino è seduto sulla giostra.
- Quanto vale la costante elastica della molla?
- A quale altezza da terra si troverà un ragazzo di 55 kg che sale sul cavallino?



c12/Shutterstock

■ DATI

Altezza del cavallino a molla: $h = 55$ cm
 Compressione della molla: $x = 3$ cm
 Massa del bambino: $m = 20$ kg
 Massa del ragazzo: $M = 55$ kg

■ INCOGNITE

Costante elastica: $k = ?$
 Forza elastica: $F = ?$
 Altezza da terra del ragazzo: $h' = ?$

L'IDEA

- La forza-peso del bambino è uguale in modulo e opposta in verso alla forza elastica.
- Dalla legge di Hooke ricavo che $k = F/x$, dove F è la forza elastica.
- Conoscendo il peso del ragazzo, calcolo la compressione della molla e quindi la nuova altezza h' .

LA SOLUZIONE

Calcolo l'intensità della forza elastica della molla.

Osservo che la forza elastica ha lo stesso modulo della forza-peso del bambino, quindi

$$F = F_p = mg = (20 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ N/kg}) = 200 \text{ N.}$$

Ricavo la costante elastica della molla.

$$k = \frac{F}{x} = \frac{200 \text{ N}}{0,03 \text{ m}} = 7000 \text{ N/m.}$$

Determino a quale altezza da terra si trova il ragazzo.

In questo caso la molla si comprime di

$$x' = \frac{Mg}{k} = \frac{(55 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ N/kg})}{7000 \text{ N/m}} = 0,08 \text{ m} = 8 \text{ cm.}$$

Quindi il ragazzo si trova a un'altezza da terra

$$h' = (55 - 8) \text{ cm} = 47 \text{ cm.}$$

PER NON SBAGLIARE

Nella legge di Hooke x rappresenta l'allungamento o la compressione della molla, cioè la variazione della sua lunghezza, non la lunghezza totale.

135 ★★★ Un bambino gioca con il suo nuovo tappeto elastico che ha una costante elastica di 2400 N/m e la cui membrana, in una situazione di equilibrio, si trova a 30 cm da terra. Salendo, il bambino preme con il suo peso e il tappeto si abbassa di 15,0 cm.

- ▶ Quanto pesa il bambino?
- ▶ Il papà del bambino ha una massa di 85 kg. Potrà giocare con il tappeto?

[360 N; no]

136 ★★★ Per raggruppare dei fogli, Gianna utilizza un fermacarte a molla che, se compresso al massimo, ha una forza elastica di 4,2 N. Applicando una forza di 2,5 N, Gianna riesce a comprimere la molla di 3,5 cm e a inserire tutti i fogli.

- ▶ Calcola la costante elastica della molla del fermacarte.
- ▶ Successivamente deve aggiungere altri fogli, e ha bisogno di comprimere la molla di ulteriori 3,0 cm. Ci può riuscire?

[71 N/m; no]

TEST

15 Vuoi spostare un mobile di legno a forma di parallelepipedo. Poiché il mobile è alto e stretto, per spingerlo decidi di rovesciarlo su un fianco, appoggiandolo cioè su una faccia laterale. La forza al distacco quando il mobile è appoggiato su un fianco è:

- A uguale a quando il mobile era in piedi.
- B minore di prima.
- C maggiore di prima.
- D maggiore o minore a seconda dell'area della faccia sulla quale appoggia.

16 La legge di Hooke dice che:

- A il prodotto della forza per lo spostamento dalla posizione di equilibrio è uguale alla costante elastica.
- B il rapporto tra la forza e lo spostamento dalla posizione di equilibrio è uguale alla costante elastica.
- C la forza è uguale al rapporto tra la costante elastica e lo spostamento dalla posizione di equilibrio.
- D lo spostamento dalla posizione di equilibrio è uguale al rapporto fra la costante elastica e la forza.

17 Una molla si allunga di 5,0 cm quando viene tirata con una forza di 3,5 N. La sua costante elastica vale:

- A 70 N/m
- B 1750 N·m
- C $1,4 \times 10^{-2}$ N/m
- D 17,5

18 Il rapporto tra le costanti elastiche di due molle vale $\frac{k_1}{k_2} = \frac{4}{3}$. Le due molle esercitano la stessa forza se:

- A $x_1 = x_2$
- B $\frac{x_1}{x_2} = \frac{4}{3}$
- C $\frac{x_1}{x_2} = \frac{3}{4}$
- D $\frac{x_1}{x_2} = \frac{8}{9}$