

IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
Apertura capitolo	ESPERIMENTI A CASA Chiavi rotanti! Come puoi misurare la velocità di un oggetto che si muove seguendo una traiettoria circolare?	2
2. Il vettore velocità e il vettore accelerazione	ANIMAZIONE Il vettore velocità La velocità è un vettore; cosa possiamo dire delle sue caratteristiche?	2
	ANIMAZIONE Il vettore accelerazione Anche l'accelerazione è un vettore; come possiamo rappresentarla?	2
3. La composizione dei moti	ANIMAZIONE Comporre i moti Come si sommano tra loro due spostamenti? E due velocità?	2
4. Il moto circolare uniforme	ANIMAZIONE Il moto circolare uniforme Introduciamo nuove grandezze per descrivere il moto con traiettoria circolare.	5
6. L'accelerazione centripeta	ANIMAZIONE L'accelerazione centripeta Quale grandezza consente il moto circolare? Come agisce?	3
7. Il moto armonico	ANIMAZIONE Il moto armonico Origine e caratteristiche di questo moto particolare.	3
I concetti e le leggi	IN 3 MINUTI • La velocità • l'accelerazione	
	MAPPA INTERATTIVA	
Esercizi	20 TEST INTERATTIVI SU CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»	

VERSO IL CLIL

FORMULAE IN ENGLISH

AUDIO

Velocity	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$	The velocity vector equals the displacement vector divided by the time taken.
Acceleration vector	$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$	The acceleration vector equals the change in the velocity vector divided by the time taken.
Sum of displacements	$\Delta \vec{s}_{tot} = \Delta \vec{s}_1 + \Delta \vec{s}_2$	The total vector displacement equals the vector sum of the individual displacement vectors.
Sum of velocities	$\Delta \vec{v}_{tot} = \Delta \vec{v}_1 + \Delta \vec{v}_2$	The total vector velocity equals the vector sum of the individual velocity vectors.

Frequency	$f = \frac{1}{T}$	The frequency f is the reciprocal of the period T .
Period	$T = \frac{1}{f}$	The period T is the inverse of the frequency f .
Speed in circular uniform motion	$v = \frac{2\pi r}{T}$	Linear speed equals two pi multiplied by the radius of the circular motion divided by the period.
Rotational speed given angle	$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}$	Angular velocity equals the angular displacement about an origin divided by the time taken.
Angle	$\alpha = \frac{l}{r}$	The radian measure of a central angle of a circle is the ratio of the length or the arc subtended by the angle to the radius of the circle.
Rotational speed given period	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	Magnitude of angular speed equals two pi divided by the period.
Linear speed in a uniform circular motion	$v = \omega r$	Linear speed equals angular velocity multiplied by the radius.
Centripetal acceleration	$a_c = \frac{v^2}{r}$	The value of centripetal acceleration equals the square of the speed of the object divided by the radius of the circle in which it is travelling.
Centripetal acceleration given rotational speed	$a_c = \omega^2 r$	The value of centripetal acceleration equals the square of the angular velocity multiplied by the radius.

QUESTIONS AND ANSWERS

AUDIO

- Define **DISPLACEMENT** in physics.

In physics **DISPLACEMENT** is a vector quantity that refers to how far an object is from its starting position, that is the object's overall change in position. If, having walked for 100 m, you turn around and walk back, for every metre in the return direction the displacement vector from the initial starting point decreases by one metre. When you return to your original starting point your vector displacement is 0 m.

- Are reference system, trajectory and displacement all required to fully describe the movement of an object in two dimensions?

No, the reference system and trajectory fully describe the movement of an object in two dimensions. Displacement is a vector that describes the distance and direction between two points on the trajectory, i. e. at two instants in time, but does not fully describe the object's movement between these two points: the object could traverse various different trajectories between the two points.

- What is the difference between speed and velocity?

Speed is a scalar quantity describing the rate at which an object covers distance and velocity is a vector quantity that takes account of the direction in which the object moves, often referred to as 'direction aware'. Speed is the ratio of the scalar quantity *distance covered* over the elapsed time and velocity is the ratio of the vector quantity *displacement* over the elapsed time.

- An athlete runs 100 m in a straight line, turns around and walks back to his starting position. What happens to the vector velocity whilst the athlete walks back?

During the walk back the displacement vector of the athlete from the initial starting point gradually decreases and therefore the velocity vector also gradually decreases. On returning to the initial starting point the athlete's average velocity is 0 m/s as he has not changed position in the time elapsed.

QUESTIONS AND ANSWERS

AUDIO

- ▶ A helicopter ascends vertically into the sky and then travels forward in a horizontal line, what can we say about the instantaneous velocity vector during the two phases of movement?

The movement of the helicopter can be plotted on an x - y graph where x represents the horizontal position and y the vertical position. Whilst ascending, the helicopter's instantaneous velocity vector is in the y -direction. Whilst the helicopter is travelling in the horizontal direction its instantaneous velocity vector is in the x -direction.

- ▶ Define UNIFORM CIRCULAR MOTION in physics.

In physics, uniform circular motion is defined as the motion of a body travelling at constant speed in a circular path for which the distance of the body from the axis of rotation remains constant at all times. The period of the motion is the time taken for the object to complete one complete revolution around the circle. The frequency of the motion is the inverse of the period: the number of revolutions per unit time.

- ▶ What is happening to the velocity of an object in uniform circular motion?

Although an object in uniform circular motion has constant speed the velocity vector is constantly changing: its magnitude remains constant but as the direction of the vector is at a tangent to the circular path, velocities at different points on the path have different directions.

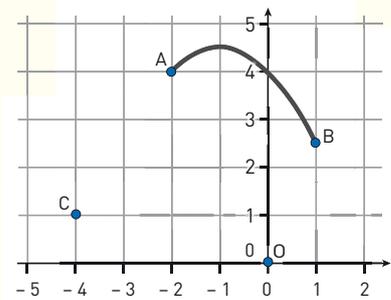
PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

1 IL VETTORE POSIZIONE E IL VETTORE SPOSTAMENTO

PROBLEMA MODELLO 1 UNA PASSEGGIATA AL PARCO

Carla passeggia lungo la traiettoria rappresentata nella figura, dal punto A al punto B.

- ▶ Disegna i vettori posizione e il vettore spostamento rispetto a O e rispetto a C .
- ▶ Calcola i moduli dei vettori posizione rispetto a O .
- ▶ Calcola i moduli dei vettori posizione rispetto a C .
- ▶ Calcola il modulo del vettore spostamento.



■ DATI

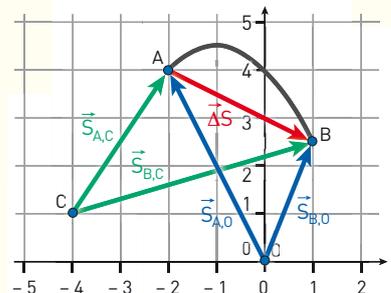
Punto A (-2, 4)
 Punto B (1, 2, 5)
 Punto C (-4, 1)

■ INCOGNITE

Moduli dei vettori posizione: $S_{A,O} = ?$; $S_{B,O} = ?$;
 $S_{A,C} = ?$; $S_{B,C} = ?$;
 Modulo del vettore spostamento: $\Delta S = ?$

L'IDEA

Il vettore posizione dipende dal punto di riferimento scelto, mentre il vettore spostamento no. I vettori posizione e spostamento sono disegnati nella figura a fianco:



LA SOLUZIONE

Determino le componenti di ogni vettore posizione e applico il teorema di Pitagora per calcolare il loro modulo.

Ricavo le componenti dei vettori posizione dalle coordinate delle posizioni; applicando il teorema di Pitagora ottengo:

$$S_{A,O} = \sqrt{(-2,0)^2 + (4,0)^2} = \sqrt{20} = 4,5$$

$$S_{B,O} = \sqrt{(1,0)^2 + (2,5)^2} = \sqrt{7,25} = 2,7$$

$$S_{A,C} = \sqrt{(2,0)^2 + (3,0)^2} = \sqrt{13} = 3,6$$

$$S_{B,O} = \sqrt{(5,0)^2 + (1,5)^2} = \sqrt{27,25} = 5,2$$

Applico la definizione di spostamento e ricavo il vettore ΔS .

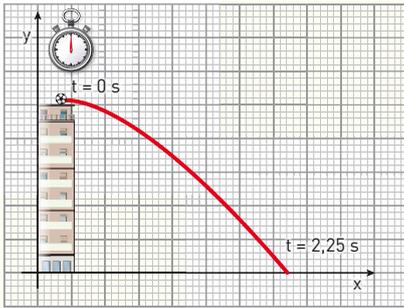
Calcolo il vettore spostamento complessivo e ricavo il suo modulo con il teorema di Pitagora:

$$\Delta \vec{S} = \vec{S}_{B,O} - \vec{S}_{A,O} = (1,0\hat{x} + 2,5\hat{y}) - (-2,0\hat{x} + 4,0\hat{y}) = (1,0 + 2,0)\hat{x} + (2,5 - 4,0)\hat{y} = 3,0\hat{x} - 1,5\hat{y}$$

$$\Delta S = \sqrt{(3,0)^2 + (-1,5)^2} = \sqrt{11,25} = 3,4$$

2 IL VETTORE VELOCITÀ E IL VETTORE ACCELERAZIONE

- 15** *** Nella figura è disegnata la traiettoria di un pallone che viene calciato dal tetto di un palazzo. Puoi determinare la scala del disegno sapendo che il palazzo è alto 25 m.



- ▶ Traccia il vettore spostamento del pallone e determina i suoi componenti.
- ▶ Determina i componenti del vettore velocità media e il suo modulo.

[33 m; -25 m; 15 m/s; -11 m/s; 19 m/s]

- 16** *** Un aereo vola con velocità di componenti $v_x = 520$ km/h, $v_y = -340$ km/h.

- ▶ Determina il modulo della velocità dell'aereo esprimendola in m/s.
- ▶ Determina la distanza che l'aereo percorre in 2 h e 20 min.

[173 m/s; $1,5 \times 10^3$ km]

4 IL MOTO CIRCOLARE UNIFORME

PROBLEMA MODELLO 4 SPACE SHUTTLE IN MISSIONE

In una missione tipica lo Space Shuttle, andato in pensione nel 2011, descriveva un'orbita circolare attorno alla Terra. Il raggio dell'orbita era $6,76 \times 10^6$ m (ciò significa che la navicella orbitava a un'altezza di circa 390 km sopra la superficie terrestre) e il suo periodo era $5,53 \times 10^3$ s (poco più di un'ora e mezza).

- ▶ Quanto valeva la frequenza del moto dello Shuttle?
- ▶ Quanto valeva il modulo della sua velocità?

■ DATI

Raggio dell'orbita: $r = 6,76 \times 10^6$ m.

Periodo dell'orbita: $T = 5,53 \times 10^3$ s.

■ INCOGNITE

Frequenza: $f = ?$

Modulo della velocità: $v = ?$

L'IDEA

- Lo Space Shuttle compiva un moto circolare uniforme con frequenza pari all'inverso del periodo T .
- Nel moto circolare uniforme la velocità ha modulo costante e si può calcolare tramite il rapporto tra il perimetro della circonferenza percorsa e il tempo impiegato.



LA SOLUZIONE

Calcolo la frequenza.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,53 \times 10^3 \text{ s}} = 1,81 \times 10^{-4} \text{ Hz}$$

Ricavo il modulo della velocità.

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{6,28 \times 6,76 \times 10^6 \text{ m}}{5,53 \times 10^3 \text{ s}} = 7,68 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

PER NON SBAGLIARE

La velocità così calcolata è molto grande (corrisponde a poco meno di 28000 km/h) rispetto ai valori tipici della nostra esperienza quotidiana, ma non sorprende quando si tratta di moti di satelliti, pianeti o stelle. Per esempio, la velocità media della Terra nel moto di rivoluzione intorno al Sole è circa 30 km/s.

37 ★★★ Nel lancio del martello un atleta compie 3 giri su se stesso in 2,7 s prima di lasciare andare l'attrezzo. Il martello è lungo 132 cm e ciascun braccio dell'atleta misura 78 cm. Assumi che la velocità di rotazione sia costante.

- ▶ Calcola la frequenza e il periodo della rotazione.
- ▶ Calcola la velocità della rotazione.

[1,1 Hz; 0,91 s; 15 m/s]

38 ★★★ Nella gabbia di un criceto c'è una ruota girevole con un raggio pari a 10 cm. Il criceto la spinge in modo da fare 36 giri al minuto.

- ▶ Qual è la frequenza del moto della ruota?
- ▶ Se il criceto si muovesse allo stesso modo su un piano rettilineo, a quale velocità si sposterebbe?

[0,60 Hz; 0,38 m/s]

5 LA VELOCITÀ ANGOLARE

43 ★★★ Durante una gara di atletica, un lanciatore di martello si appresta a lanciare l'attrezzo facendolo ruotare in modo uniforme, sopra il proprio capo, in un tempo pari a 0,74 s. Le braccia dell'atleta sono lunghe 90 cm, mentre l'attrezzo è lungo 0,68 m.

- ▶ Quanto vale il modulo della velocità dell'estremità del martello?

[13 m/s]

44 ★★★ I lettori di CD-ROM possono essere classificati in base alla tecnologia di fabbricazione: CLV (Constant Linear Velocity) o CAV (Constant Angular Velocity). I lettori di questa ultima tipologia, mantenendo costante la velocità di rotazione del disco, presentano una velocità di trasferimento dei dati variabile. Un normale lettore CD a tecnologia CAV fa ruotare il disco a una frequenza di circa 5000 giri/min. Considera un settore inciso del CD-ROM posizionato a 4,00 cm dal centro del disco.

- ▶ Calcola la velocità di quel settore.

[20,9 m/s]

6 L'ACCELERAZIONE CENTRIPETA

58 ★★★ Una pattinatrice rotea su se stessa compiendo 42 giri al minuto. Durante l'esecuzione tiene i gomiti verso l'esterno, e la distanza tra i gomiti è di 0,60 m.

- ▶ Quali sono la frequenza e il periodo del moto della pattinatrice?
- ▶ Con quale velocità e con quale accelerazione si muovono i gomiti della pattinatrice?

[0,70 Hz; 1,4 s; 1,3 m/s; 5,8 m/s²]

59 ★★★ Un pescatore avvolge il mulinello della sua canna da pesca. Il raggio del mulinello è 4,0 cm e la lenza viene riavvolta con la velocità di 30 cm/s.

- ▶ Calcola la frequenza del moto circolare del mulinello.

- ▶ Come cambierebbe la frequenza se il mulinello avesse raggio doppio?
- ▶ Calcola l'accelerazione centripeta di un punto sul bordo esterno del mulinello.

[1,2 Hz; 2,3 m/s²]

7 IL MOTO ARMONICO

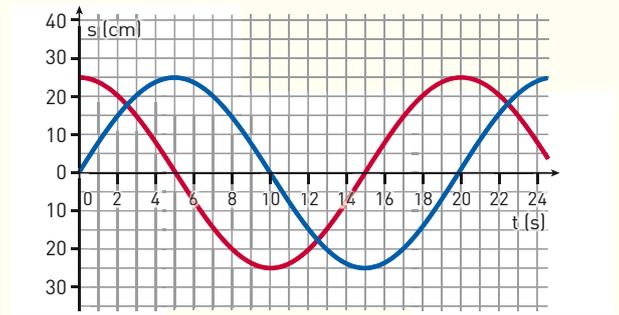
67 ******* La frequenza di vibrazione di uno dei rebbi di un diapason a forchetta è di 512 Hz.

- ▶ Quante oscillazioni compie in 5 min?

[1,5 × 10⁵]

68 ******* Un disco ruota di moto circolare uniforme. La figura rappresenta i grafici spazio-tempo della proiezione, su un diametro fisso, delle posizioni successive di due punti

che appartengono al bordo del disco. Il disco è in rotazione attorno al suo centro in verso antiorario.



- ▶ Determina il diametro del disco, il periodo e la frequenza della rotazione.
- ▶ Disegna il disco e il diametro fisso: dove si trovano i due punti all'inizio?

[50 cm; 20 s; 0,050 Hz]

PROBLEMI GENERALI

9 ******* Una mola circolare ha un raggio di 80 cm, e quando è in funzione compie 90 giri al minuto.

- ▶ Quanto vale il periodo di un punto sul bordo della mola?
- ▶ Quanto vale il valore dell'accelerazione centripeta di un punto sul bordo della mola?

[0,67 s; 71 m/s²]

10 ******* Un'asta lunga 1,8 metri ruota attorno a una sua estremità; l'altra estremità impiega 3,8 secondi a compiere un giro completo. Sull'asta sono conficcati dei chiodi, a distanza di 15 cm l'uno dall'altro, a partire dall'estremità fissa.

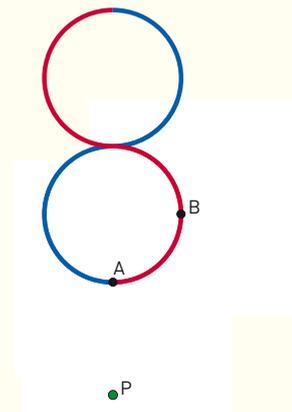
- ▶ Usa un foglio elettronico per calcolare la velocità dei chiodi e le loro accelerazioni centripete.
- ▶ Rappresenta i risultati in un grafico velocità-raggio e accelerazione-raggio.

11 ******* Anna e Benedetto osservano Cosimo che cammina lungo la strada.

- ▶ Dimostra che l'accelerazione di Cosimo misurata da Anna è uguale a quella misurata da Benedetto se Benedetto si allontana da Anna con velocità costante.

Suggerimento: considera le variazioni delle velocità in un intervallo di tempo arbitrario Δt e applica la legge di composizione delle velocità.

12 ******* Un'auto da corsa percorre una pista formata da due circonferenze di raggio 1,2 km che si toccano esternamente. La traiettoria dell'auto è a forma di 8, con partenza dal punto A verso il punto B, lungo il percorso rosso, per poi tornare in A lungo il percorso blu, mantenendo una velocità costante di 180 km/h.



- ▶ Calcola l'accelerazione centripeta a cui è soggetta l'auto e quanto tempo impiega a completare un giro della pista.
- ▶ Uno spettatore assiste alla corsa dell'auto dal punto P. Che tipo di moto osserva? Disegna il suo grafico spazio-tempo e calcola i suoi parametri caratteristici.

[2,1 m/s²; 3,0 × 10² s; moto armonico di ampiezza 1,2 km e periodo 1,5 × 10² s]

13 ******* Due pulegge, montate sugli assi A e B, sono collegate con una cinghia che trasmette il moto rotatorio da A a B. La puleggia montata su quest'ultimo asse ha diametro $D_B = 80$ cm e ruota a 500 giri/min, mentre la frequenza di rotazione dell'asse A è di 5000 giri/min.

- ▶ Quale deve essere il diametro D_A della puleggia da collocare sull'asse A?

[8,0 cm]

Suggerimento: le due pulegge hanno diversa frequenza di rotazione, quindi diversa velocità angolare, ma velocità di rotazione con uguale modulo.

