

Anno Scolastico 2024-2025

Classe: 3 BL

Materia: FISICA

Docente: Valeria Biella

## Indicazioni di lavoro vacanze estive 2025

Cari studenti,

di seguito trovate gli esercizi proposti per questa estate, scegliete due o tre esercizi per ogni argomento ed almeno sei esercizi su leggi dei gas e teoria cinetica.

Per coloro che sosterranno l'esame del debito a settembre o che troveranno l'indicazione di "aiuto" in pagella seguiranno indicazioni dettagliate.

Un paio di indicazioni di lettura facoltative, per chi lo desidera sarà possibile esporre alla classe una breve presentazione del libro letto, con valutazione:

- *George Gamov: "La mia linea di universo"*
- *Richard P. Feynman, "Sei pezzi facili", Adelphi.*

Auguro buon riposo e buone vacanze a voi ed alle vostre famiglie, e buon lavoro a chi in parte sfrutterà questi mesi per colmare alcune lacune nelle varie materie.

Valeria Biella

# MOTO PARABOLICO

**11 ORA PROVA TU** Sara lancia un sasso da un ponte su un laghetto. Il lancio è orizzontale, il sasso parte con velocità 3,6 m/s e finisce in acqua dopo 0,82 s.

- Calcola da quale altezza rispetto al laghetto Sara ha lanciato il sasso.
- Calcola la velocità del sasso quando entra in acqua.

[3,3 m; 8,8 m/s]

**12 FERMATI A PENSARE** Da che altezza devi lanciare orizzontalmente un oggetto affinché al momento dell'impatto con il terreno la sua traiettoria formi un angolo di  $45^\circ$  con il terreno stesso?

La velocità iniziale di lancio orizzontale è 5,3 m/s.

[1,4 m]

**13** Una biglia rotola su un tavolo alto 76 cm con velocità 0,56 m/s e finisce per cadere a terra.

- A che distanza dal tavolo cade la biglia?

[0,22 m]

**14** Un'automobilina giocattolo cade dal bordo di un tavolo alto 1,2 m e atterra a una distanza di 0,80 m dalla base del tavolo.

- Quanto è durata la caduta?
- Qual era il valore della sua velocità iniziale?

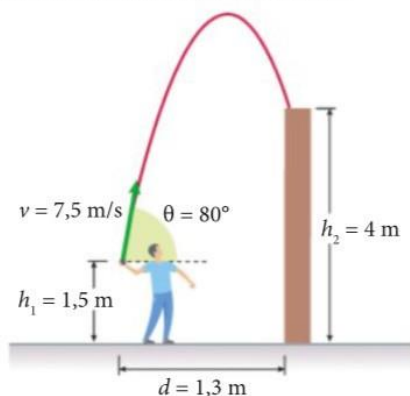
[0,49 s; 1,6 m/s]

**15 ARGOMENTA** Una palla è lanciata in direzione obliqua verso l'alto con una velocità iniziale di 6,0 m/s e una inclinazione di  $60^\circ$  rispetto all'orizzontale.

Trascurando l'attrito con l'aria, qual è il minimo modulo assunto dalla sua velocità tra l'istante del lancio e il momento in cui essa arriva a terra? Motiva la tua risposta.

[3,0 m/s]

**16 OLIMPIADI DELLA FISICA** Un ragazzo lancia un sacchetto di sabbia in cima a un muro alto 4 m e posto 1,3 m davanti a lui. Il sacchetto si stacca dalle mani del ragazzo a un'altezza di 1,5 m da terra, come è mostrato in figura. La velocità di lancio è 7,5 m/s, l'angolo con l'orizzontale è  $80^\circ$ , l'attrito con l'aria è trascurabile.



- Quanto dura il volo del sacchetto di sabbia?

(Olimpiadi della Fisica, gara di primo livello, 2010)

[1,0 s]

## PROBLEMA A PASSI

Un pallone viene lanciato con una velocità di 8,7 m/s e con un'inclinazione di  $60^\circ$  rispetto al suolo.

- Determina la massima altezza che il pallone può raggiungere.
- Determina quando il pallone si trova a metà dall'altezza massima.

[2,9 m; 0,23 s e 1,3 s]

- 1 Determina la componente  $y$  della velocità iniziale e calcola l'altezza massima raggiunta del pallone.
- 2 Scrivi l'equazione del moto del pallone lungo l'asse  $y$ .
- 3 Poni  $y$  uguale alla metà dell'altezza massima; ottieni così un'equazione di secondo grado che ha come incognita il tempo.
- 4 Risolvi l'equazione. Entrambe le soluzioni sono accettabili? Perché?

## PROBLEMA MODELLO 1

### Il tempo di volo

► pag. 84

**18 ORA PROVA TU** Una pallavolista in battuta colpisce la palla all'altezza di 1,80 m con velocità iniziale  $\vec{v}_0$  (7,0 m/s; 8,8 m/s).

- Calcola il tempo di volo della palla e la lunghezza del lancio.

[2,0 s; 14 m]

**19 ORA PROVA TU** Una palla da cricket che si trova su un molo è colpita da una mazza. La velocità iniziale impressa alla palla ha modulo 70,0 km/h e forma un angolo di  $30^\circ$  con l'orizzontale. La palla sale in alto e poi ridiscende fino ad atterrare sulla prua di un'imbarcazione che ha un'altezza di 2,30 m rispetto al molo.

- Determina il tempo di volo e la distanza orizzontale percorsa.

[1,71 s; 28,8 m]

**20** In laboratorio una biglia è lanciata due volte con lo stesso modulo della velocità e con due angoli complementari. Un sistema di fotocellule misura che le due altezze massime delle traiettorie della biglia sono  $y_1 = 10$  cm e  $y_2 = 42$  cm.

- Calcola le componenti orizzontale e verticale delle velocità iniziali della biglia.
- Determina le gittate dei due lanci.

**Suggerimento:** ricorda che  $\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$  e  $\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$ .

[2,9 m/s; 1,4 m/s; 83 cm]

**21** Durante una esercitazione con un cannone di prua montato su una spiaggia, gli allievi meccanici armaioli effettuano due lanci di proiettili, con uguale velocità iniziale. Gli allievi regolano l'inclinazione della canna del cannone in modo da formare con l'orizzontale un angolo di  $25^\circ$

e di  $65^\circ$ . Le altezze massime raggiunte dai due proietti nei due lanci sono rispettivamente 2,4 km e 11 km. Trascura la resistenza dell'aria.

- Determina il modulo della velocità iniziale nei due lanci.
- Determina le gittate raggiunte nei due lanci.

**Suggerimento:** vedi esercizio precedente.

[ $5,1 \times 10^2$  m/s; 21 km]

**22** Una pallina è lanciata con una velocità iniziale di 12 m/s e con un angolo di inclinazione di  $20^\circ$  sotto l'orizzontale. La pallina è lanciata da una finestra posta a 10 m da terra.

- Quanto vale lo spostamento orizzontale della pallina prima di colpire il suolo?

[12 m]

**23** Una palla da baseball viene lanciata in 0,65 s da un giocatore a un compagno di squadra che dista 17 m. Assumi di poter trascurare l'attrito dell'aria.

- Determina la velocità iniziale della palla nella direzione verticale.

[3,2 m/s]

**24 TROVA LA STRATEGIA** Un cestista si trova a una distanza orizzontale di 10,5 m dal canestro, che è posto a 3,05 m di altezza. Lancia la palla da un'altezza di 1,90 m in modo che la componente verticale della velocità iniziale sia uguale ai tre quarti della componente orizzontale.

- Calcola il modulo della velocità iniziale della palla e la durata del lancio verso il canestro. (Trascura l'attrito con l'aria.)

[11,2 m/s; 1,17 s]

**25 TROVA LA STRATEGIA** Una pallina di gomma viene lanciata due volte, con lo stesso modulo della velocità e a due angoli complementari. In entrambi i casi la gittata del lancio vale 5,73 m. La differenza tra le due quote massime raggiunte dalla pallina nei due lanci vale 0,693 m.

- Determina il modulo della velocità iniziale e il valore dei due angoli di lancio. (Trascura l'attrito con l'aria.)

[7,60 m/s;  $38,2^\circ$ ,  $51,8^\circ$ ]

## 2 I moti circolari

**26 FERMATI A PENSARE** Quando un DVD viene inserito nel lettore ottico e avviato, le sue parti si muovono alla stessa velocità (in modulo) o alla stessa velocità angolare?

**27** Il pianeta Saturno compie una rotazione completa attorno al suo asse in 10 h e 39 min.

- Calcola la velocità angolare di rotazione di Saturno.

[ $1,6 \times 10^{-4}$  rad/s]

**28** Un pianeta ruota attorno al suo asse con velocità angolare  $3,7 \times 10^{-5}$  rad/s.

- Calcola la durata del giorno sul pianeta.

[ $1,7 \times 10^5$  s]

**29 FERMATI A PENSARE** Un disco è in rotazione attorno al suo centro. L'accelerazione centripeta è maggiore sul bordo del disco o vicino al suo centro?

### 30 PROBLEMA SVOLTO

Un disco DVD è inserito in un lettore e gira compiendo 390 giri al minuto. Calcola:

- la frequenza di rotazione del DVD;
- la velocità angolare del DVD;
- lo spostamento angolare del DVD nell'intervallo di tempo  $\Delta t = 0,12$  s. Esprimi la grandezza in radianti e in gradi.

#### Risoluzione

- La frequenza di rotazione del DVD è pari al numero di giri che esso compie in un secondo, cioè:

$$f = \frac{n}{60 \text{ s}} = \frac{390}{60 \text{ s}} = 6,5 \text{ Hz}$$

- Ricaviamo la velocità angolare dal dato della frequenza:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times (6,5 \text{ Hz}) = 41 \text{ rad/s.}$$

- In un intervallo di tempo  $\Delta t = 0,12$  s il DVD ruota di un angolo pari a

$$\Delta\alpha = \omega\Delta t = (41 \text{ rad/s}) \times (0,12 \text{ s}) = 4,9 \text{ rad.}$$

Poiché a  $180^\circ$  corrispondono  $\pi$  radianti, vale la proporzione:

$$\frac{\Delta g^\circ}{180^\circ} = \frac{\Delta\alpha}{\pi}$$

da cui ricaviamo

$$\Delta g^\circ = \frac{180^\circ \times \Delta\alpha}{\pi} = \frac{180^\circ \times 4,9 \text{ rad}}{3,14 \text{ rad}} = 280^\circ$$

**31 ORA PROVA TU** La distanza media Venere-Sole è di  $1,1 \times 10^8$  km. Il periodo orbitale è di 224,70 giorni.

- Quanto vale il valore della sua velocità media?
- Quanto vale la velocità angolare di rotazione attorno al Sole?

**Suggerimento:** assumi che l'orbita di Venere intorno al Sole sia circolare.

[ $3,6 \times 10^4$  m/s;  $3,2 \times 10^{-7}$  rad/s]

**32 ORA PROVA TU** La sirena di un'ambulanza lampeggia 15 volte in 3,0 s.

- Qual è la velocità angolare dello schermo che periodicamente copre e scopre la luce della sirena?

[31 rad/s]

# CINEMATICA ROTAZIONALE

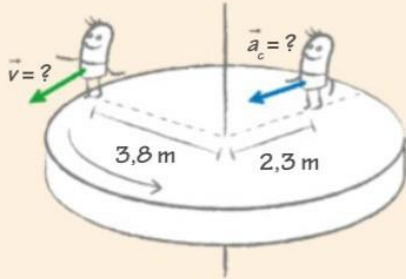
## 33 PROBLEMA SVOLTO

Marco è in piedi su una giostra, che sta ruotando a velocità di modulo costante, e impiega 17 s per compiere un giro. Marco si trova a 2,3 m dal centro della giostra.

- Calcola l'accelerazione centripeta di Marco.
- Marco si sposta di 1,5 m verso l'esterno della giostra. Calcola il valore della sua velocità nella nuova posizione.

### Risoluzione

- Rappresentiamo la situazione fisica



- La velocità angolare di rotazione della giostra è espressa dalla relazione  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . Quindi l'accelerazione centripeta è

$$a_c = \omega^2 R_i = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_i = \left(\frac{2\pi}{17\text{ s}}\right)^2 (2,3\text{ m}) = 0,31\text{ m/s}^2$$

- La nuova posizione di Marco rispetto al centro della giostra è  $R_f = R_i + d = 2,3\text{ m} + 1,5\text{ m} = 3,8\text{ m}$ ; da questa ricaviamo la nuova velocità:

$$v_f = \omega R_f = \left(\frac{2\pi}{T}\right) R_f = \left(\frac{2\pi}{17\text{ s}}\right) (3,8\text{ m}) = 1,4\text{ m/s}$$

**34 ORA PROVA TU** Una sferetta di acciaio di massa 730 g è appesa a un filo lungo 63 cm e sta oscillando lungo una traiettoria circolare. In un determinato istante, ha una velocità di 0,34 m/s.

- Calcola l'accelerazione centripeta della sferetta.

[0,18 m/s<sup>2</sup>]

**35 ORA PROVA TU** Una giostra impiega 9,8 s a compiere mezzo giro. Un punto sul bordo si muove alla velocità di 18,6 cm/s.

- Calcola il modulo dell'accelerazione centripeta.

[6,0 × 10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup>]

**36** Un satellite spia artificiale orbita intorno alla Terra all'altezza dell'Equatore su un'orbita circolare a 140 km dal suolo, con velocità di modulo 28180 km/h. Il raggio terrestre è di circa 6380 km.

- Calcola l'accelerazione centripeta del satellite.

[9,4 m/s<sup>2</sup>]

**37** Possiamo assumere che il Sole si muova di moto circolare uniforme attraverso la Via Lattea. Il raggio dell'orbita solare è  $2,4 \times 10^{20}\text{ m}$  e la sua frequenza è di 1 giro ogni 220 milioni di anni circa.

- Calcola l'accelerazione centripeta del Sole.
- Qual è il modulo della velocità del Sole?

[ $2,0 \times 10^{-10}\text{ m/s}^2$ ;  $2,2 \times 10^5\text{ m/s}$ ]

**38** L'albero di un motorino elettrico raggiunge i 1800 giri/min partendo da fermo in un tempo pari a 0,200 s con accelerazione angolare costante.

- Determina quanti giri compie un punto dell'albero nei primi 0,200 s dall'inizio del moto.

[3 giri]

**39** Una puleggia di diametro 14 cm ruota con moto circolare uniforme con frequenza di  $50\text{ s}^{-1}$ . A un dato istante comincia a ruotare con accelerazione angolare costante tale da aumentare la velocità lineare dei punti sul bordo del 33% in 3,5 s.

- Determina la velocità dei punti sul bordo della puleggia prima che il moto diventi uniformemente accelerato.
- Determina il valore dell'accelerazione angolare.

[22 m/s; 30 rad/s<sup>2</sup>]

**40** A motorcyclist takes a curve at a constant velocity and with a centripetal acceleration of  $2.4\text{ m/s}^2$ . The curve is an arc of a circle with a radius of 60 m.

- Find the magnitude of the motorcyclist's velocity.

[43 km/h]

**41** Il bordo di un vecchio disco a 45 giri (al minuto) ruota alla velocità di 0,47 m/s.

- Qual è il valore della velocità di un punto del disco a 3,0 cm dal bordo?

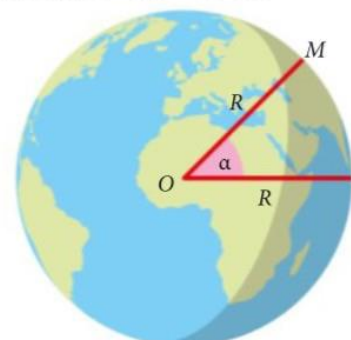
[0,33 m/s]

**42** Un disco rotante ha un raggio di 50 cm e descrive un angolo di 90° in 0,60 s.

- Calcola il valore della velocità angolare.
- Calcola il modulo della velocità di un oggetto che si trova sul bordo del disco.

[2,6 rad/s; 1,3 m/s]

**43** Una località M si trova a una latitudine  $\alpha = +45^\circ$ . Il raggio della Terra vale  $R = 6,4 \times 10^6\text{ m}$ .



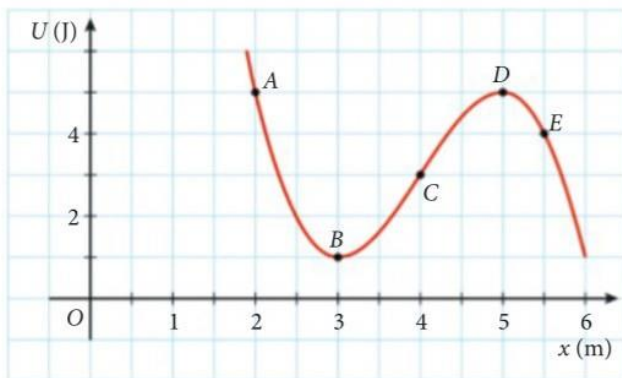
# ENERGIA POTENZIALE

**44** **DIMOSTRA** Dimostra che per una forza conservativa costante di modulo  $F$ , diretta lungo l'asse  $x$ , vale la relazione  $F = -\frac{\Delta U}{\Delta x}$  dove  $\Delta U$  è la variazione dell'energia potenziale associata alla forza su un tratto di lunghezza  $\Delta x$ .

**45** **FERMATI A PENSARE** In un grafico  $U-x$  (energia potenziale  $U$  in ordinata, posizione  $x$  in ascissa), che significato ha il coefficiente angolare della retta tangente al grafico in un punto di ascissa  $x_0$ ?

**Suggerimento:** rispondi prima alla domanda precedente.

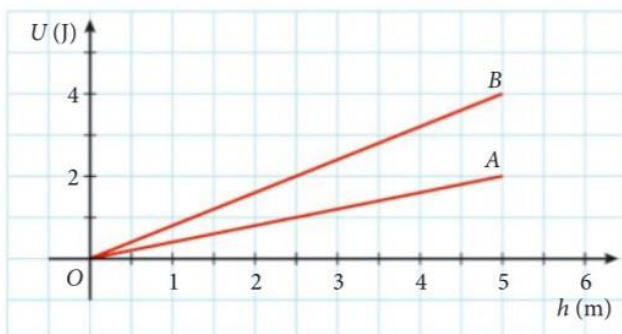
**46** **LEGGI IL GRAFICO** Il grafico nella figura mostra l'energia potenziale  $U$  di un oggetto al variare della sua posizione  $x$ .



► In quali dei punti indicati la forza conservativa  $F$  associata a  $U$  è nulla? In quali punti è positiva? In quali punti è negativa?

**Suggerimento:** rispondi prima alle due domande precedenti.

**47** **LEGGI IL GRAFICO** Il grafico nella figura mostra l'energia potenziale  $U$  della forza-peso di due oggetti, A e B, in funzione della loro altezza  $h$  dal suolo.

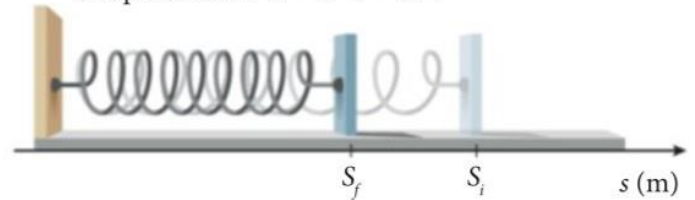


► Quale dei due ha massa maggiore?

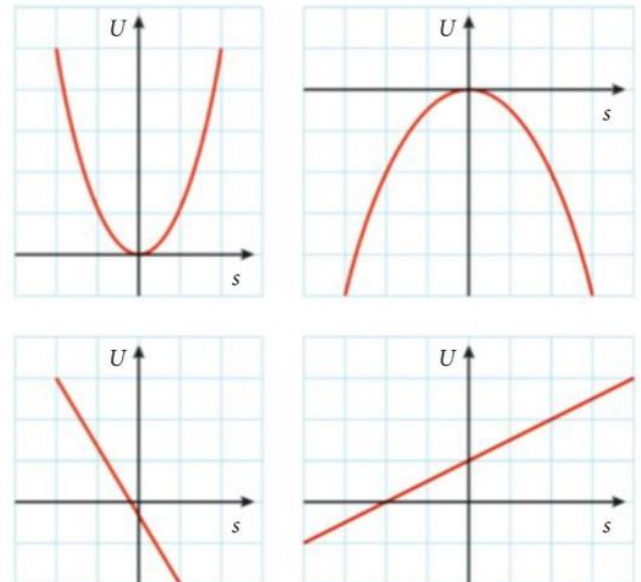
**48** La compressione di una molla varia da  $x$  a  $3x$ .

► Quanto vale il rapporto tra le energie potenziali elastiche nei due casi?

**49** **ARGOMENTA** Una molla sottoposta a una deformazione  $\vec{s}$  esercita la forza elastica  $\vec{F} = -k\vec{s}$ . Perché il lavoro compiuto non è  $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = ks^2$ ?



**50** **LEGGI IL GRAFICO** Quale dei seguenti grafici rappresenta l'energia potenziale elastica  $U$  in funzione della deformazione  $s$  della molla?



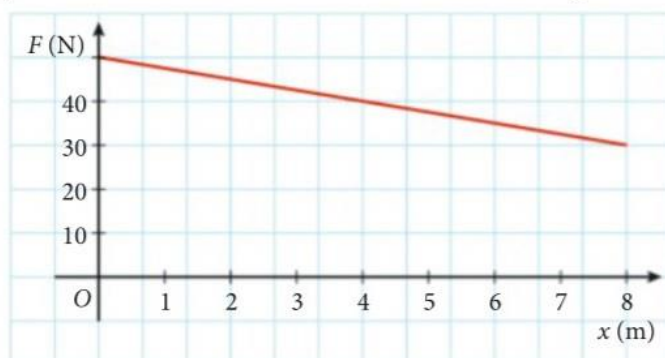
**51** Angela ripone su uno scaffale, all'altezza di 1,85 m dal pavimento, un libro di 0,54 kg che prima era appoggiato su un tavolo alto 75 cm.

► Quanto lavoro compie la forza-peso sul libro?  
 ► Quali sono i valori iniziale e finale dell'energia potenziale gravitazionale del libro, se come livello di riferimento si prende il pavimento?

$[-5,8 \text{ J}; 4,0 \text{ J}; 9,8 \text{ J}]$

## ENERGIA

- 1** Dopo essere stato tagliato, un abete di massa  $m = 45$  kg viene trascinato sulla neve. Il grafico mostra il modulo  $F$  della forza orizzontale in funzione della posizione  $x$  dell'abete, che parte da fermo. A causa dell'attrito viene dissipato il 90% del lavoro compiuto dalla forza.



- Calcola la velocità finale dell'abete.

[1,2 m/s]

- 2** Una macchina per «sparare» le palle da baseball, inclinata di  $30^\circ$  rispetto al suolo, viene caricata con una palla di massa 140 g. In questa posizione la gittata della palla è 40 m. Schematizza la macchina come una molla di costante elastica  $k$ , che viene compressa di 12 cm prima dello sparo, e assumi che la palla esca dalla macchina allo stesso livello del suolo e che l'attrito con l'aria sia trascurabile.

- Calcola la costante elastica  $k$ .

[ $4,4 \times 10^3$  N/m]

- 3** In uno stabilimento, alcuni pacchi di massa 7,2 kg si spostano a velocità 0,60 m/s su un nastro trasportatore fino a una rampa inclinata verso il basso di  $12^\circ$ . I pacchi scivolano giù lungo la rampa per 5,8 m fino a giungere su un tavolo con velocità 0,80 m/s.



- Mostra che l'attrito tra i pacchi e la rampa non è trascurabile e determina il valore del coefficiente di attrito dinamico.

[0,21]

- 4** Un blocco di legno di massa  $m = 400$  g è poggiato su un tavolo ed è collegato a una estremità di una molla di costante elastica  $k = 360$  N/m anch'essa orizzontale. L'altra estremità della molla è attaccata a una parete.

- Per questo quesito, trascura l'attrito tra blocco e tavolo. Il blocco viene allontanato di 8,0 cm dalla posizione di equilibrio, allungando la molla, e rilasciato. Calcola la massima velocità del blocco e in quale/i punto/i la sua energia cinetica e l'energia potenziale elastica del sistema sono uguali.

D'ora in poi l'attrito tra il blocco e il tavolo non è più trascurabile. Il blocco viene allontanato di 8,0 cm dalla posizione di equilibrio e rilasciato; il blocco si mette in movimento, e quando la molla è compressa di 7,0 cm, si ferma un istante e inverte il verso del moto.

- Determina il coefficiente di attrito dinamico tra il blocco e il tavolo.

- Calcola la velocità del blocco quando la molla non è compressa né dilatata. Confronta quanto ottenuto con il caso in cui l'attrito è trascurabile e commenta il risultato.

[2,4 m/s; 5,7 cm; 0,46, 2,2 m/s]

# URTI E QUANTITÀ DI MOTO

**13 FERMATI A PENSARE** Durante una gara di salto con l'asta, qual è la funzione fisica del materasso su cui cade l'atleta?

**14 CHE COSA SUCCEDDE SE** Considera con attenzione la formula [4]. Cosa succede alla quantità di moto se la somma delle forze che agiscono è nulla?

**15 ARGOMENTA** Un bambino lancia contro una finestra una pallina di gomma che rimbalza senza rompere il vetro. Se la pallina fosse stata d'acciaio, della stessa massa e con la stessa velocità, avrebbe rotto il vetro? Perché?

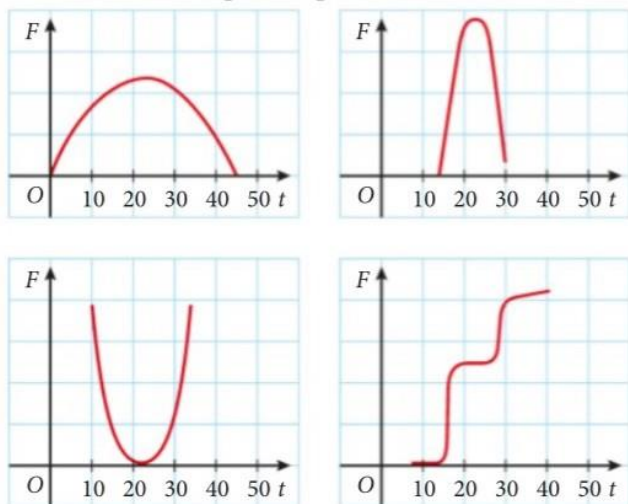
**16** Una forza costante di 50 N agisce per 30 s.  
 ► Quanto vale l'impulso di questa forza?  $[1,5 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}]$

## PROBLEMA MODELLO 2

Dal grafico all'impulso

➔ pag. 189

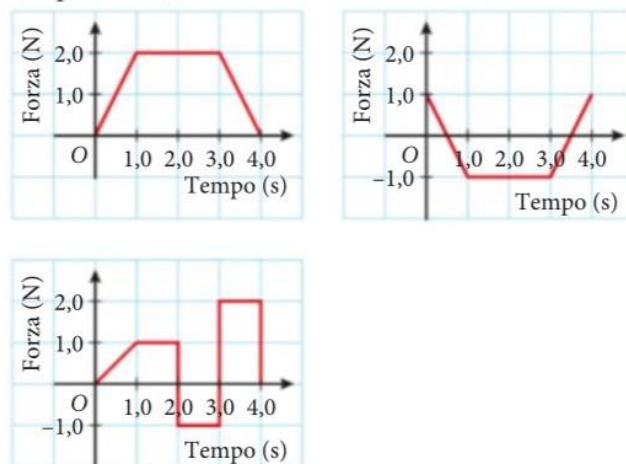
**17 ORA PROVA TU** Quale dei quattro grafici mostrati nella figura descrive meglio l'impulso della forza di una mazza da baseball che colpisce la palla?



**18** Una persona di 64 kg si tuffa in piscina. Nel momento in cui entra in acqua la sua velocità è di 7,7 m/s e viene fermata dall'acqua in 1,8 s.

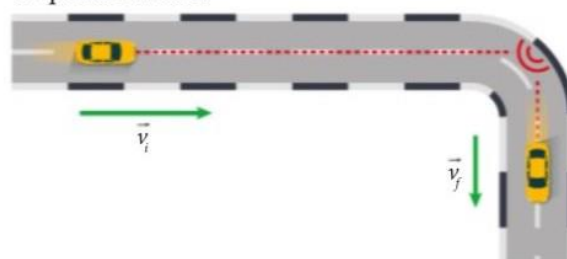
► Quali sono l'intensità, la direzione e il verso della forza media totale?  
 $[2,7 \times 10^2 \text{ N}, \text{verso l'alto}]$

**19** Calcola numericamente e disegna la forza media relativa a ciascuno dei tre grafici forza-tempo, nell'intervallo di tempo  $\Delta t = 4,0 \text{ s}$ .



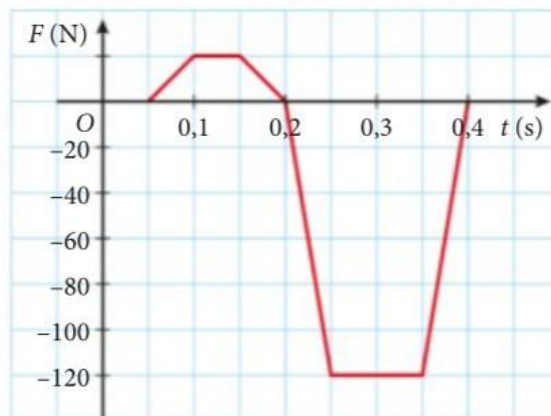
$[1,5 \text{ N}; -0,50 \text{ N}; 0,63 \text{ N}]$

**20** Un bambino lancia un'automobile giocattolo di massa 250 g contro un guardrail della pista giocattolo per farle compiere la curva rappresentata nella figura. Prima dell'impatto la velocità è 2,0 m/s, dopo diventa un quarto di quella iniziale.



**1** Un atleta di massa 80 kg corre poggiando il piede su una «pedana di forza» che misura la forza orizzontale che il piede dell'atleta esercita sulla pedana stessa. La figura mostra un grafico semplificato della forza misurata al passare del tempo quando l'atleta arriva alla pedana con velocità pari a 4,1 m/s. La forza è registrata come positiva quando è applicata in avanti.

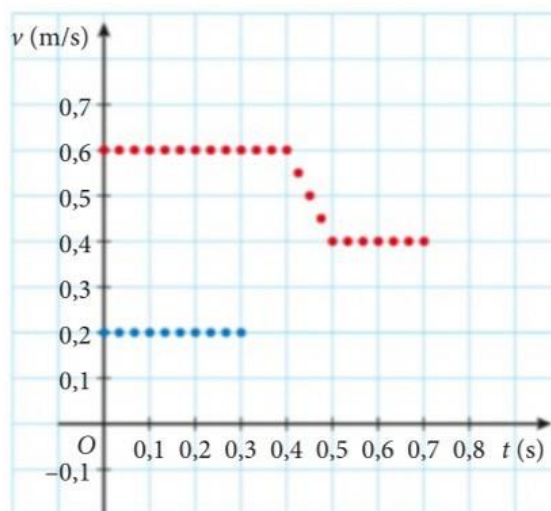
- Spiega i diversi segni della forza misurata dalla pedana.
- Calcola la velocità con cui l'atleta lascia la pedana.



[4,3 m/s]

**2** In un laboratorio viene eseguito un esperimento sugli urti. Due carrellini si muovono lungo la stessa rotaia e sono collegati a due sensori che misurano la loro velocità. Il carrellino 1, di massa 1,2 kg, insegue il carrellino 2, di massa 0,40 kg; prima dell'urto, il sensore che misura la velocità del carrellino 2 smette di funzionare. La figura mostra la velocità registrata dai due sensori al passare del tempo.

- Completa il grafico della velocità del carrellino 2. Si tratta di un urto elastico o anelastico?



**3** Una molla di massa trascurabile e costante elastica  $k = 270 \text{ N/m}$  è compressa tra due carrellini fermi di massa  $m_1 = 1,9 \text{ kg}$  e  $m_2 = 1,2 \text{ kg}$  che sono tenuti collegati da un filo. All'istante  $t = 0 \text{ s}$  il filo si rompe e la molla si dilata spingendo via i carrellini, che si muovono senza attrito. All'istante  $t = 1,6 \text{ s}$ , finita la spinta della molla che non è più compressa, il secondo carrellino si trova ad avere percorso 1,3 m.

- Calcola la posizione del primo carrellino all'istante  $t$  e le velocità dei due carrellini allo stesso istante.
- Calcola la compressione iniziale della molla.

[-0,82 m, 0,81 m/s; -0,51 m/s; 6,9 cm]

**4** Un blocco di massa  $m_1 = 0,60 \text{ kg}$  scende da uno scivolo liscio alto 0,82 m e va a urtare un secondo blocco di massa  $m_2 = 0,40 \text{ kg}$  a cui rimane attaccato. I due blocchi procedono insieme lungo un piano orizzontale.

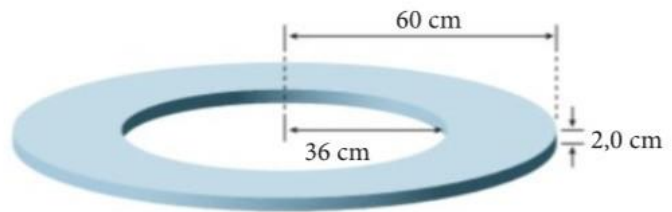
- Calcola la velocità con cui i due blocchi procedono quando sono uniti. I due blocchi uniti urtano l'estremità di una molla orizzontale, di massa trascurabile e di costante elastica  $k = 800 \text{ N/m}$ . All'altra estremità della molla è appoggiato un terzo blocco, di massa  $m_3 = 0,5 \text{ kg}$ , libero di muoversi senza attrito. Calcola la velocità del terzo blocco nell'istante  $t_1$  in cui quella dei due blocchi uniti è diminuita di un terzo.
- Calcola l'energia cinetica totale dei blocchi nell'istante  $t_1$ ; l'energia cinetica totale si è conservata? Dove è finita l'energia cinetica mancante?
- Calcola l'entità della compressione della molla all'istante  $t_1$ .

[2,4 m/s; 1,6 m/s; 1,9 J; 4,9 cm]

## DINAMICA ROTAZIONALE

- 1** Un solido a forma di ciambella viene ricavato da un disco da cui è tolto un disco centrale più piccolo. Il raggio del disco originale è 60 cm, il raggio del disco che viene tolto è 36 cm. Il disco originale, di spessore 2,0 cm, ha una massa di 0,50 kg.

► Calcola il momento di inerzia del disco originale, del disco tolto, e del solido ottenuto.

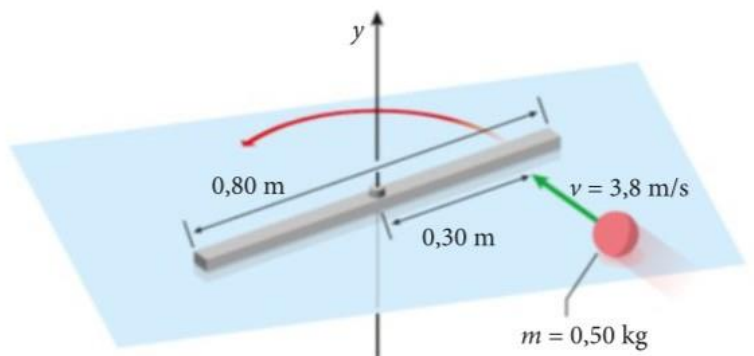


$$[9,0 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2; 1,2 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2; 7,8 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2]$$

- 2** Un'asta di massa 2,7 kg e lunghezza 0,80 m può ruotare senza attrito in un piano orizzontale attorno a un asse verticale che passa per il suo centro. L'asta, inizialmente ferma, viene colpita da un oggetto di massa 0,50 kg che si muove nel piano orizzontale con velocità 3,8 m/s in direzione perpendicolare all'asta e la colpisce a 0,30 m dal suo centro, rimanendovi attaccata.

► Calcola la velocità angolare di rotazione dell'asta dopo l'urto. L'energia cinetica del sistema asta-oggetto si è conservata?

$$[3,0 \text{ rad/s; no}]$$



- 3** Un cilindro pieno di massa 1,6 kg si muove con moto di puro rotolamento su una superficie orizzontale e percorre 3,2 m in 2,5 s.

► Calcola l'energia cinetica del disco.

$$[2,0 \text{ J}]$$

- 4** Nicola ha una massa di 60 kg ed è in piedi sul bordo di una piattaforma circolare, di massa 300 kg e raggio 2,5 m, che può ruotare senza attrito attorno a un asse verticale passante per il suo centro. Nicola e la piattaforma sono inizialmente fermi.

► A un certo punto, Nicola decide di camminare lungo la piattaforma, in verso antiorario e raggiunge, in 1,6 s, una velocità di modulo 48 cm/s rispetto a un osservatore esterno alla piattaforma. Calcola il valore medio del momento della forza applicato a Nicola. Da che cosa è esercitata questa forza?

► Spiega perché la piattaforma ruota attorno al suo asse (in che verso?) quando Nicola cammina sul suo bordo e calcola la sua accelerazione angolare media.

► Calcola i momenti angolari di Nicola e della piattaforma, rispetto all'asse di rotazione: il momento angolare totale del sistema formato da Nicola e dalla piattaforma si è conservato?

► In un certo istante, la velocità di Nicola, rispetto alla piattaforma, è di 0,98 m/s. Calcola la velocità angolare della piattaforma, rispetto a un osservatore esterno.

$$[45 \text{ N} \cdot \text{m}; 4,8 \times 10^{-2} \text{ rad/s}^2; 72 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}; 0,11 \text{ rad/s}]$$

# GRAVITAZIONE

- 1** Un satellite artificiale è in orbita attorno a un pianeta di raggio  $R = 5,42 \times 10^6$  m con una velocità che è uguale a un terzo della sua velocità di fuga dal suolo del pianeta.
- Determina la distanza del satellite dal suolo.

[ $1,90 \times 10^7$  m]

- 2** Nel 2004 l'ESA (European Space Agency) ha inviato la sonda Rosetta a studiare una cometa. La cometa ha una massa stimata attorno a  $1,0 \times 10^{13}$  kg e una forma approssimativamente sferica, di raggio 3,8 km. Per l'atterraggio sulla cometa, è stato studiato un particolare sistema di ancoraggio per fissare la sonda alla superficie della cometa.

- Spiega perché l'attrazione gravitazionale non è sufficiente a tenere la sonda sulla cometa.



- 3** La Stazione Spaziale Internazionale (ISS) è in orbita attorno alla Terra a 408 km dalla sua superficie.

- Calcola quante orbite complete percorre la ISS in 24 ore.

[15]

- 4** La Luna (massa  $m_L = 7,35 \times 10^{22}$  kg, raggio  $R_L = 1,738 \times 10^3$  km) è l'unico satellite naturale della Terra (massa  $M_T = 5,97 \times 10^{24}$  kg, raggio  $R_T = 6,371 \times 10^3$  km). Il semiasse maggiore della sua orbita misura  $a = 3,48 \times 10^5$  km, mentre le sue distanze minima (perigeo) e massima (apogeo) dalla Terra sono, rispettivamente,  $r_p = 3,63 \times 10^5$  km e  $r_A = 4,06 \times 10^5$  km. La Luna percorre la sua orbita con una velocità variabile, con valore massimo 1076 m/s. Considera il sistema Terra-Luna come un sistema isolato.



- Calcola la massima variazione di velocità della Luna nel suo moto orbitale.
- Calcola la minima e la massima energia potenziale gravitazionale del sistema Terra-Luna e verifica che l'energia meccanica della Luna si conserva (nei limiti delle approssimazioni fatte).
- A quale distanza dal centro della Luna deve trovarsi un corpo celeste tra la Terra e la Luna al perigeo affinché la forza gravitazionale totale su di esso sia nulla?

Nella serie televisiva *Spazio 1999*, andata in onda negli anni Settanta del secolo scorso, si immaginava che una serie di esplosioni nucleari di materiale radioattivo sulla Luna la facessero uscire dalla sua orbita per sempre.

- Calcola l'energia minima liberata da quelle esplosioni nucleari (puoi approssimare l'orbita lunare a una circonferenza).

[114 m/s;  $-8,06 \times 10^{28}$  J,  $-7,21 \times 10^{28}$  J;  $3,63 \times 10^7$  m;  $3,81 \times 10^{28}$  J]

## Le trasformazioni dei gas

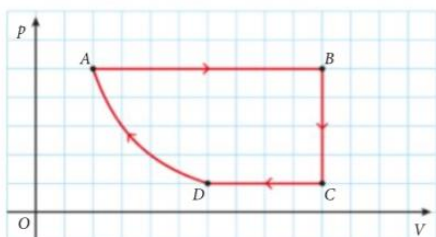


- 1** In una trasformazione isocora,
- ☐ **A** il volume del gas varia, la pressione varia, mentre la temperatura non varia.
  - ☐ **B** il volume del gas varia, la temperatura varia, mentre la pressione non varia.
  - ☐ **C** la pressione del gas varia, la temperatura varia, mentre il volume non varia.
  - ☐ **D** la pressione, la temperatura e il volume del gas variano.

- 2** Un gas è racchiuso in un recipiente cilindrico chiuso da un pistone a tenuta stagna. Il pistone può sollevarsi o abbassarsi facendo variare il volume del cilindro. Il recipiente è posto su un fornello che aumenta la temperatura del gas attraverso una trasformazione isobara. Il gas
- ☐ **A** si espande e la sua pressione aumenta.
  - ☐ **B** si contrae e la sua pressione aumenta.
  - ☐ **C** si espande a pressione costante.
  - ☐ **D** si contrae a pressione costante.

- 3** In un piano cartesiano rappresentiamo sull'asse delle  $y$  il volume  $V$  e sull'asse delle  $x$  la temperatura  $T$  di un gas durante una trasformazione isocora. Come appare il grafico?
- ☐ **A** Una retta parallela all'asse  $x$ .
  - ☐ **B** Una retta parallela all'asse  $y$ .
  - ☐ **C** Una retta che passa per l'origine degli assi.
  - ☐ **D** Una retta con pendenza positiva.

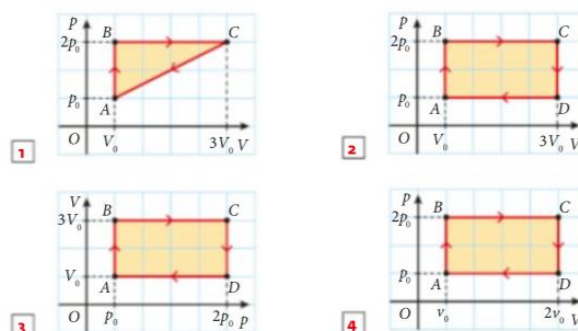
- 4** Un gas subisce in successione le trasformazioni mostrate nel seguente diagramma  $p$ - $V$ . Qual è la corretta sequenza delle trasformazioni?



- ☐ **A** Isobara, isoterma, isobara e isoterma.
  - ☐ **B** Isocora, isobara, isocora e isoterma.
  - ☐ **C** Isobara, isocora, isobara e isoterma.
  - ☐ **D** Isocora, isobara, isoterma, isobara.
- 5** Un gas con una temperatura iniziale di  $0^\circ\text{C}$  è raffreddato a pressione costante fino a dimezzarne il volume iniziale. La variazione di temperatura è pari a

- ☐ **A**  $\frac{1}{\alpha}^\circ\text{C}$ .
- ☐ **B**  $-\frac{1}{\alpha}^\circ\text{C}$ .
- ☐ **C**  $\frac{1}{2\alpha}^\circ\text{C}$ .
- ☐ **D**  $-\frac{1}{2\alpha}^\circ\text{C}$ .

- 6** Un gas subisce in sequenza 4 trasformazioni: una trasformazione isocora, che raddoppia la pressione iniziale  $p_0$ ; una trasformazione isobara, che triplica il volume iniziale  $V_0$ ; una trasformazione isocora, che dimezza la pressione; una trasformazione isobara, che riporta il gas alle condizioni iniziali. Quale tra i seguenti diagrammi  $p$ - $V$  rappresenta il ciclo subito dal gas?



- 7** Un gas, alla temperatura iniziale di  $0^\circ\text{C}$ , subisce una trasformazione isocora che triplica la pressione. La temperatura finale del gas è
- ☐ **A**  $546^\circ\text{C}$ .
  - ☐ **B**  $273^\circ\text{C}$ .
  - ☐ **C**  $91^\circ\text{C}$ .
  - ☐ **D**  $0^\circ\text{C}$ .

- 8** Alcuni studenti stanno ricreando in laboratorio una trasformazione isoterma di un gas. La pressione finale aumenta del 20%. Quale volume finale si aspettano di misurare?
- ☐ **A** Il 20% del volume iniziale.
  - ☐ **B** Il 50% del volume iniziale.
  - ☐ **C** Il 72% del volume iniziale.
  - ☐ **D** L'83% del volume iniziale.

- 9** La massa molare  $M$  di un campione di sostanza è
- ☐ **A** il rapporto tra la sua massa  $m$  in grammi e il numero  $n$  di atomi o di molecole che esso contiene.
  - ☐ **B** il rapporto tra la sua massa  $m$  in grammi e il numero  $n$  delle moli di atomi o di molecole che esso contiene.
  - ☐ **C** il rapporto tra la sua massa  $m$  in unità di massa atomica e il numero  $n$  delle moli di atomi o di molecole che esso contiene.
  - ☐ **D** il prodotto tra la sua massa  $m$  in unità di massa atomica e il numero di atomi o di molecole che esso contiene.

- 96** **LEGGI IL GRAFICO** Quale dei seguenti grafici esprime correttamente la dipendenza dell'energia cinetica dalla temperatura? Spiega il perché.



- 97** **DIMOSTRA** Indichiamo con  $M$  la massa molare di un gas perfetto.

Dimostra che la formula [27] può essere scritta anche come  $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ .

#### PROBLEMA MODELLO 4 La curva di Maxwell

➔ pag. 376

- 98** **ORA PROVA TU** Dimostra che, tra la velocità  $v_{\max}$  per la quale la distribuzione di Maxwell assume il valore massimo e la velocità quadratica media  $\langle v \rangle$ , vale la seguente relazione:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{3}} \langle v \rangle$$

**Suggerimento:** Utilizza le informazioni contenute nel Problema modello 4.

- 99** **STOP AND THINK** Consider this statement: «The peak of a Maxwell-Boltzmann distribution corresponds to the maximum velocity attained by the molecules that make up the gas».

► Is the statement correct?

- 100** Considera un gas perfetto alla temperatura di  $10^\circ\text{C}$ .
- Quanto vale l'energia cinetica media di traslazione delle sue molecole?

[ $5,86 \times 10^{-21}$  J]

- 101** Le molecole di un gas perfetto hanno una energia cinetica media di traslazione di  $7,25 \times 10^{-21}$  J.

► Determina la temperatura del gas. [350 K]

- 102** Una molecola di fluoro gassoso ( $\text{F}_2$ ) ha una massa di  $6,31 \times 10^{-26}$  kg.

► Determina la velocità quadratica media delle molecole di fluoro alla temperatura di 331 K.

[466 m/s]

- 103** Un gas è costituito da molecole di ossigeno  $\text{O}_2$ . La molecola di ossigeno ha massa  $5,31 \times 10^{-26}$  kg. La velocità quadratica media delle molecole del gas è  $6,20 \times 10^2$  m/s.

► Determina la temperatura del gas.

[493 K]

- 104** Gli atomi di una mole di gas monoatomico alla temperatura  $T = 749$  K hanno una velocità quadratica media  $\langle v \rangle = 3,77 \times 10^2$  m/s.

► Calcola la loro massa.

► Di quale elemento si tratta?

[ $2,18 \times 10^{-25}$  kg = 131 u; xenon]

#### 105 PROBLEMA A PASSI

La temperatura di un gas perfetto passa da  $40^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$ .

- Di quale fattore aumenta l'energia cinetica media di traslazione delle sue molecole?
- Di quale fattore aumenta la velocità quadratica media delle sue molecole?

[1,13; 1,06]

- Esprimi le temperature in kelvin.
- Calcola il rapporto fra le energie cinetiche medie di traslazione finale e iniziale, utilizzando la relazione fra energia cinetica e temperatura.
- Calcola il rapporto fra le velocità quadratiche medie finale e iniziale. Utilizza la relazione fra velocità quadratica media e temperatura e semplifica la massa delle molecole.

- 106** **ORA PROVA TU** La massa di una molecola di un gas monoatomico è  $6,7 \times 10^{-27}$  kg. La sua temperatura è alzata da  $-23^\circ\text{C}$  a  $77^\circ\text{C}$ .

► Calcola la variazione della velocità quadratica media delle sue molecole. [ $2,3 \times 10^2$  m/s]

#### 107 PROBLEMA SVOLTO

Il gas perfetto contenuto in una bombola alla pressione di  $6,17 \times 10^5$  Pa è composto da  $1,81 \times 10^{24}$  molecole con un'energia cinetica media di traslazione pari a  $6,13 \times 10^{-21}$  J.

► Determina il volume della bombola.

##### Risoluzione

- Dalla relazione

$$K_{m, \text{trasl}} = \frac{3}{2} k_B T$$

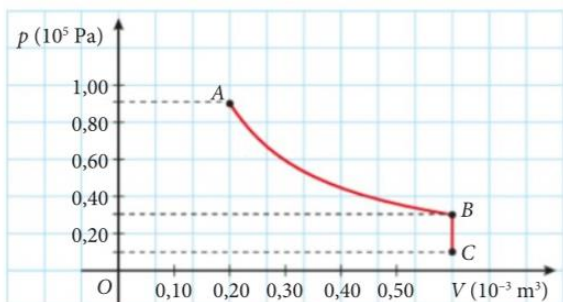
si ricava

$$T = \frac{2K_{m, \text{trasl}}}{3k_B} = \frac{2(6,13 \times 10^{-21} \text{ J})}{3(1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K})} = 296 \text{ K}$$

- Quindi il volume può essere ricavato dall'equazione di stato del gas perfetto:

$$\begin{aligned} V &= \frac{nRT}{p} = \frac{NRT}{N_A p} = \\ &= \frac{(1,81 \times 10^{24})(8,315 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)})(296 \text{ K})}{(6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})(6,17 \times 10^5 \text{ Pa})} = \\ &= 1,20 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- 127** **LEGGI IL GRAFICO** Un gas esegue le trasformazioni rappresentate nel grafico seguente, con  $T_A = 330$  K.



- Calcola la temperatura nello stato C.

[110 K]

- 128** Tre moli di gas perfetto biatomico, inizialmente a volume  $V_A = 20$  L sono in equilibrio a contatto con una sorgente di calore a temperatura  $T_A = 400$  K. Mantenendo costante la pressione, la sorgente viene poi sostituita con un'altra a temperatura  $T_B = 300$  K.

- Calcolare le coordinate termodinamiche mancanti degli stati di equilibrio A e B.

(Esame di Fisica, Corso di laurea in Scienze biologiche, Università di Genova, 2002/2003)

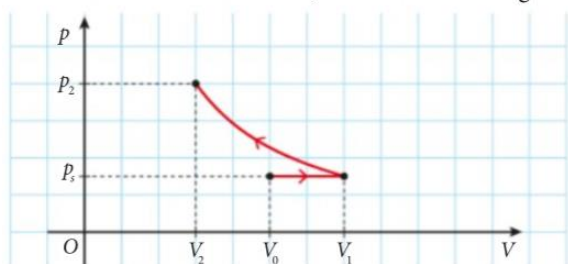
[4,9 atm;  $15 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>]

- 129** Una bombola di metano ha un volume di  $(34,5 \pm 0,1)$  L ed è stata riempita fino alla pressione di  $(215 \pm 2) \times 10^5$  Pa a una temperatura del gas di  $(45 \pm 1)$  °C.

- Qual è la massa di metano contenuta nel serbatoio con la relativa incertezza di misura, nell'ipotesi che il gas si comporti come un gas perfetto?

[(4,49  $\pm$  0,07) kg]

- 130** **LEGGI IL GRAFICO** Una certa quantità di gas perfetto si trova inizialmente in uno stato con pressione pari a 101 kPa, volume 25,0 L e temperatura 300 K. Poi subisce due trasformazioni successive, come mostrato nel grafico:



- prima la temperatura aumenta a pressione costante fino al valore di 400 K;
  - poi, la temperatura rimane costante mentre il volume è dimezzato.
- Determina i valori finali delle variabili che descrivono lo stato del gas.

[202 kPa; 16,7 L; 400 K]

- 131** Il numero di molecole per unità di volume nell'atmosfera del pianeta Marte è  $3,0 \times 10^{23}$  molecole/m<sup>3</sup>. La pressione atmosferica media vale 0,92 kPa.

- Qual è la temperatura media su Marte? Considera l'atmosfera un gas perfetto.

[−51 °C]

- 132** Un subacqueo in immersione in un lago emette una bolla d'aria a una temperatura di 15,5 °C. Quando raggiunge la superficie, il volume della bolla è 4,50 volte il suo volume iniziale e ha raggiunto una temperatura di 19,0 °C.

- A che profondità si trova il subacqueo?

**Suggerimento:** applica la legge di Stevino.

[36 m]

- 133** Due bicchieri di vetro si sono incastrati l'uno nell'altro e si trovano a temperatura ambiente di 20 °C. Una variazione dello 0,3 % del diametro del bicchiere esterno può far disincastrare i due bicchieri.

- Calcola a che temperatura bisogna portare il bicchiere esterno per liberarlo (supponi che il bicchiere interno non si dilati e cerca il coefficiente di dilatazione lineare del vetro nella teoria).

[circa 53 °C]

- 134** In un vaso cilindrico per conserve da 0,50 L, di diametro 70 mm, viene versata della marmellata appena cotta a una temperatura di 90 °C; la marmellata riempie il vaso fino all'altezza di 11 cm.

Il vaso viene quindi chiuso ermeticamente e si raffredda fino a temperatura ambiente (20 °C). L'aria, inizialmente, si trovava alla pressione standard di  $1,0 \times 10^5$  Pa. Calcola:

- la pressione dell'aria rimasta all'interno del vaso (trascura in questa fase la deformazione del coperchio, e considera la trasformazione a volume costante);
- il numero di moli di aria rimaste all'interno del barattolo.

[ $8,1 \times 10^4$  Pa;  $2,5 \times 10^{-3}$  mol]

- 135** **OLIMPIADI DELLA FISICA** Molti esperimenti di fisica moderna sono eseguiti in recipienti dove è stato prodotto un vuoto molto spinto, con pressioni dell'ordine di  $10^{-8}$  Pa.

In questo modo si realizza un ambiente molto ben pulito, dove si minimizza la possibilità di urti tra atomi, molecole, ioni o elettroni presenti nel recipiente.

- Stima il numero di molecole di gas presenti, per ogni metro cubo del recipiente, a temperatura ambiente (300 K).

**Suggerimento:** ricorda che  $n = \frac{N}{N_A}$ .

[nell'ordine di  $10^{12}$  molecole / m<sup>3</sup>]

(Olimpiadi di fisica 2009; gara di II livello)

