

GRAVITAZIONE

Una sonda spaziale è costituita da due parti che sulla superficie terrestre pesano rispettivamente $2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$ e $3,8 \cdot 10^3 \text{ N}$. Le due parti, approssimabili a corpi sferici, distano l'una dall'altra 10 m. Qual è l'intensità della forza che ciascuna parte esercita sull'altra quando la sonda si trova nello spazio interplanetario? $[5,3 \cdot 10^{-7} \text{ N}]$

Ricordando che la forza di attrazione fra la Terra e la Luna ha un'intensità di circa $2,0 \cdot 10^{20} \text{ N}$, stabilisci quanto vale l'accelerazione centripeta della Luna. $[2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2]$

STIME L'intensità della forza gravitazionale subita da Edwin Aldrin nella sua passeggiata sulla Luna era di 270 N. Sapendo che la massa del nostro satellite è di $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, stima l'ordine di grandezza del raggio lunare. $[1,13 \cdot 10^6 \text{ m}]$

Un satellite artificiale della Terra ruota su un'orbita circolare con velocità $7,73 \cdot 10^3 \text{ m/s}$.

- Determina la quota del satellite sulla superficie terrestre.
- Qual è il periodo di rivoluzione del satellite?
- Quanto vale la sua accelerazione centripeta? $[2,97 \cdot 10^5 \text{ m}; 5,43 \cdot 10^3 \text{ s}; 8,95 \text{ m/s}^2]$

Un satellite gira intorno alla Terra con una velocità di 2,8 km/s. Quanto dista il satellite dal centro della Terra? Quanto tempo impiega a fare due giri completi? $[5,1 \cdot 10^7 \text{ m}; 2,3 \cdot 10^5 \text{ s}]$

C'è un punto tra la Terra e la Luna dove il campo gravitazionale è nullo. Da lì in poi tutte le missioni lunari possono tornare sulla Terra sfruttando il campo gravitazionale del nostro pianeta, senza l'utilizzo di alcun motore, se non per effettuare correzioni di orbita. Calcola la distanza di questo punto dal centro della Terra. $[3,4 \cdot 10^8 \text{ m}]$

Anche trascurando gli attriti dell'aria, un proiettile lanciato orizzontalmente a 320 m/s non è sufficientemente veloce per entrare in orbita attorno alla Terra. A parità di raggio, quanto dovrebbe valere la massa della Terra affinché la velocità indicata sia appena sufficiente perché il proiettile entri in orbita? $[9,8 \cdot 10^{21} \text{ kg}]$

Un buco nero è un oggetto in grado di creare un campo gravitazionale così intenso da avere una velocità di fuga addirittura superiore a quella della luce. Proprio perché nulla può uscire dal suo campo, l'oggetto è tagliato fuori da qualsiasi comunicazione con tutto ciò che si trova all'esterno. Considerando un oggetto con la massa del Sole, calcola il suo raggio minimo per il quale può essere considerato un buco nero. $[2,9 \cdot 10^3 \text{ m}]$

Un razzo viene lanciato radialmente dalla superficie della Terra verso l'alto con una velocità iniziale v_0 minore della velocità di fuga. Determina la massima distanza dal centro della Terra raggiunta dal razzo.

Guida alla soluzione

Nel punto di massima distanza r dal centro della Terra l'energia meccanica del razzo è solo di tipo potenziale. Per il principio di conservazione dell'energia meccanica possiamo allora scrivere, indicando con m la massa del razzo e con M ed R rispettivamente la massa e il raggio della Terra:

$$\frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{G M m}{R} = - \frac{G M m}{r}$$

da cui segue:

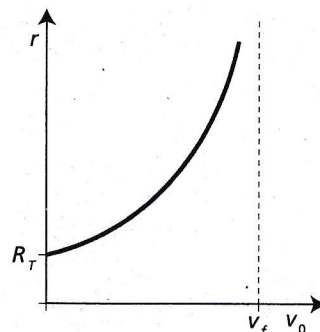
$$r = \frac{R}{1 - \frac{v_0^2}{2 G M}}$$

cioè

$$r = \frac{R}{1 - \left(\frac{v_0}{v_f}\right)^2}$$

in cui v_f è la velocità di fuga dal campo gravitazionale terrestre.

Dalla relazione precedente segue che r tende all'infinito all'avvicinarsi di v_0 alla velocità di fuga. L'andamento di r in funzione di v_0 è mostrato nel grafico.



Un meteorite precipita verso la Luna, raggiungendo una velocità di caduta di 2,5 km/s quando ancora si trova a 500 km di quota rispetto alla superficie del satellite. Con quale velocità impatta sulla superficie lunare? $[2,7 \text{ km/s}]$

Un razzo viene lanciato radialmente dalla superficie terrestre con velocità uguale alla metà di quella di fuga. Calcola la distanza dal centro della Terra del punto in cui la velocità si annulla, esprimendola in unità del raggio terrestre R . $[\frac{4}{3} R]$

Determina la velocità e il numero di giri completi compiuti in un giorno da un satellite artificiale in orbita circolare attorno alla Terra, a una altezza di 480 km dalla superficie terrestre. $[7,6 \text{ km/s}; 15]$

CONSERVATIONE E NON. ANGOLARE

STIME Il rotore di un elicottero è costituito da tre pale, ciascuna di massa 250 kg. Sapendo che il momento d'inerzia di un'asta sottile rispetto a un asse passante per un suo estremo è $m l^2/3$, stima quanto potrebbe verosimilmente valere l'ordine di grandezza del momento meccanico all'accensione, per portare il rotore alla velocità di regime in un tempo di 5,00 s. Ricorda che la velocità angolare delle pale in volo è 50,0 rad/s.

$$[10^5 \text{ N} \cdot \text{m}]$$

Suggerimento

Per poter risolvere il problema devi fare una stima di quanto possano essere ragionevolmente lunghe le pale di un elicottero di medie dimensioni: di sicuro non sono più corte di un metro neppure sono dell'ordine delle centinaia di metri!

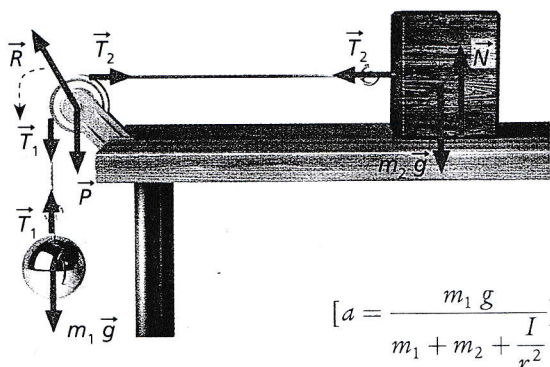
Giorgia, una ragazza di 50 kg, si trova sul bordo di una piattaforma rotante, il cui raggio misura 2,5 m e il cui momento d'inerzia vale $850 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. La piattaforma ruota senza attrito con velocità angolare pari a 1,2 rad/s, quando Giorgia inizia a camminare radialmente dal bordo verso il centro della piattaforma.

- Qual è la velocità angolare della piattaforma quando Giorgia raggiunge il centro?
- Di quanto varia l'energia cinetica del sistema formato dalla piattaforma e da Giorgia prima e dopo lo spostamento della ragazza?

$$[1,6 \text{ rad/s}; 250 \text{ J}]$$

Una sfera di massa m_1 e un blocco di massa m_2 sono collegati da una fune inestensibile di massa trascurabile, che passa su una carrucola di raggio r

e momento d'inerzia I , rispetto al suo asse. Il blocco m_2 scivola su un piano orizzontale privo di attrito. Sapendo che la carrucola ruota intorno al suo asse con attrito trascurabile e che la fune non slitta sul bordo della carrucola, determina le accelerazioni dei due corpi.



Un cilindro omogeneo scende rotolando senza strisciare lungo un piano inclinato di un angolo di 30° rispetto all'orizzontale. Calcola l'accelerazione del centro di massa del cilindro. $[3,27 \text{ m/s}^2]$

Suggerimento

Poiché l'asse di rotazione del cilindro, passante per il centro di massa, non è fisso, insieme all'equazione del moto rotatorio considera l'equazione del moto del centro di massa. Dalle proprietà del moto di rotolamento, puoi facilmente ricavare la relazione fra l'accelerazione angolare del cilindro e l'accelerazione lineare del suo centro di massa.

Una pattinatrice esegue una figura in cui prima ruota rapidamente su se stessa, con una frequenza di 8 giri al secondo; poi si abbassa e ruota tenendosi una gamba. Sapendo che il suo momento di inerzia nella rotazione iniziale vale $1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ e nella configurazione finale vale $2,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, determina la velocità angolare durante la rotazione finale.

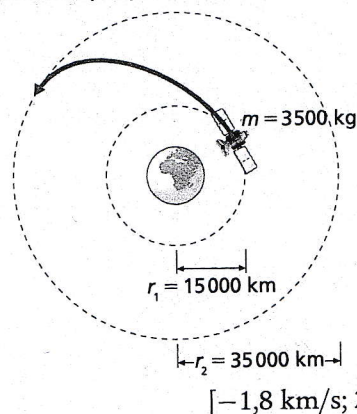
$$[26 \text{ rad/s}]$$

Un sassolino s'incestra nel solco di uno pneumatico di un'auto che sta viaggiando a una velocità di 110 km/h. Sapendo che la velocità angolare della ruota è di 130 rad/s, stima l'energia cinetica totale del sassolino. $[0,94 \text{ J}]$

Suggerimento

Per poter stimare l'energia cinetica totale del sassolino devi necessariamente fare un'ipotesi su quanto valga la sua massa.

FISICA PER IMMAGINI Il satellite rappresentato in figura esegue una manovra per modificare il raggio della propria orbita attorno alla Terra. Di quanto si modificherà la velocità del satellite in seguito al cambio d'orbita? Quanta energia deve essere fornita dal sistema di propulsione?



Suggerimento

Il cambiamento orbitale implica sia una variazione dell'energia cinetica, sia dell'energia potenziale gravitazionale del satellite. Per calcolare l'energia totale necessaria alla manovra devi quindi tenere conto di entrambi i contributi.

FLUIDI

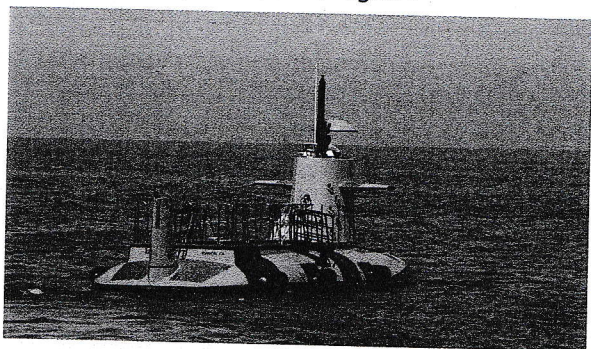
Nel tratto terminale di un'arteria, che ha un raggio di 0,010 cm e una portata di 0,010 cm³/s, si sviluppano 15 diramazioni che si dividono equamente la portata del vaso principale. Sapendo che il loro raggio è 0,0050 cm, calcola la velocità del sangue nell'arteria e nelle sue diramazioni.

$$[32 \text{ cm/s}; 8,5 \text{ cm/s}]$$

Durante un tornado i venti possono lambire un tetto a una velocità di $1,8 \cdot 10^3 \text{ m/s}$. Se l'aria all'interno dell'edificio è ferma, calcola la forza diretta verso l'alto agente su un tetto piatto di estensione pari a $1,0 \cdot 10^2 \text{ m}^2$. Considera che la densità dell'aria vale $1,2 \text{ kg/m}^3$.

$$[1,9 \cdot 10^8 \text{ N}]$$

Un sottomarino si trova a 10 m di profondità quando, nel corso di un'esercitazione, discende fino a 50 m. Calcola la differenza di pressione che le sue chiuse devono sostenere alla nuova quota. Per verificare l'abilità del pilota, il comandante gli chiede di tenere una velocità che compensi questo surplus di pressione. Quanto vale la velocità richiesta? La densità dell'acqua è $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.



$$[3,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 28 \text{ m/s}]$$

Una squadra di geofisici individua la presenza di un corso d'acqua sotterraneo fra due strati di rocce. Tramite opportune misurazioni, gli scienziati valutano che il canale ha una sezione di $2,10 \text{ m}^2$ e l'acqua scorre al suo interno con una velocità di $4,50 \text{ m/s}$ e una pressione di $1,40 \text{ atm}$. Quali saranno velocità e pressione dell'acqua in un tratto successivo del canale, collocato alla stessa quota e avente una sezione di $7,00 \text{ m}^2$?

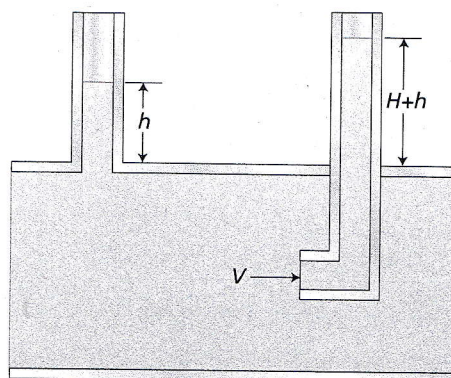
$$[1,35 \text{ m/s}; 1,49 \text{ atm}]$$

Un'importante industria di microtecnologie ha appena sviluppato un macchinario in grado di controllare la presenza delle polveri sottili nell'aria. Un campione sciolto in una soluzione nota è fatto scorrere all'interno di un microcanale per registrare le forze di attrito presenti. Le particelle si disperderanno nella soluzione e quando passeranno nelle vicinanze delle pareti sarà possibile registrare una variazione della forza di attrito dovuta alla loro presenza. In base all'intensità della forza registrata è possibile risalire alle dimensioni delle polveri in soluzione.

Nell'ultima analisi è stata registrata una forza di $4,71 \cdot 10^{-7} \text{ N}$. Sapendo che la velocità di scorrimento è pari a $0,600 \text{ mm/s}$, che la distanza dalle pareti è sempre $1,00 \text{ mm}$ e la viscosità della soluzione vale $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, controlla se la superficie sia più piccola di $1,00 \text{ mm}^2$ per capire se sono presenti polveri sottili. Considera la superficie della polvere come se fosse un piano.

$$[7,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2]$$

Un tubo di Pitot è uno strumento utile per misurare la velocità di un fluido; il suo funzionamento può essere spiegato come una conseguenza del teorema di Bernoulli: esso sfrutta la differenza di valore tra la pressione (statica) in un punto del fluido e la pressione (totale), dovuta anche alla velocità del fluido in movimento, nello stesso punto. In un tubo di Pitot la differenza di quota del liquido tra i due rilevatori (statico e dinamico) è di 8 cm ; fornisci una stima della velocità del fluido, anche basandoti sul disegno in figura.



$$[1,2 \text{ m/s}]$$

STIME Il sistema circolatorio è una vera e propria meraviglia idraulica. Nel suo circuito il raggio massimo dell'aorta è di $3,5 \text{ cm}$ e quello di un capillare non va oltre i $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$, dunque circa 10 000 volte più piccolo! Se realizzassi un condotto orizzontale con queste misure e le stesse portate, quale sarebbe il rapporto delle velocità tra il vaso più grande e quello più piccolo? Ricorda che la portata dell'aorta è di circa $98 \text{ cm}^3/\text{s}$ e quella di un capillare è di circa $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{s}$.

$$[\text{circa } 70]$$

Sul fondo di una cisterna profonda 10 m e piena d'acqua è presente un piccolo foro di forma circolare, del diametro di $6,0 \text{ mm}$. Quanto vale la sezione del getto d'acqua che fuoriesce dal foro, dopo una caduta di $2,5 \text{ m}$?

$$[1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2]$$

Guida alla soluzione

Detta h la distanza verticale dal foro alla sommità della cisterna, il teorema di Torricelli afferma che la velocità con cui l'acqua fuoriesce dal foro è pari a

$$v_0 = \sqrt{2gh} = \dots \text{ m/s}$$

Per le leggi del moto rettilineo uniformemente accelerato, dopo una caduta di $s = 2,5 \text{ m}$ la velocità dell'acqua diventa

$$v = v_0 + \sqrt{2gs} = \dots \text{ m/s} + \dots \text{ m/s} = \dots \text{ m/s}$$

Poiché la portata del getto è costante,

$$A = A_0 v_0 / v$$

dove A_0 è l'area del foro, pari a

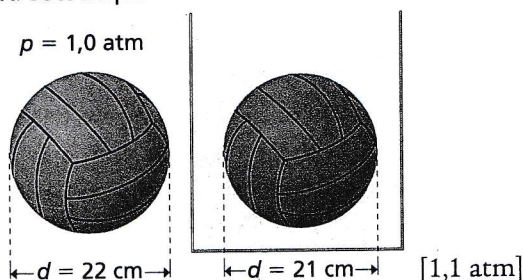
$$A_0 = \pi r^2 = \dots \text{ m}^2$$

pertanto

$$A = \dots \text{ m}^2 (\dots \text{ m/s}) / (\dots \text{ m/s}) = \dots \text{ m}^2$$

TERMODINAMICA

FISICA PER IMMAGINI Un pallone da pallanuoto presenta dimensioni diverse a seconda che si trovi all'aria aperta o sia trattenuto sul fondo di una piscina, dove la pressione esercitata dall'acqua lo comprime. Assumendo una temperatura costante, determina la pressione interna del pallone mentre si trova sott'acqua.



Tappando una siringa senza ago, si riescono a intrappolare $0,80 \text{ ml}$ di aria alla pressione atmosferica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$). Premendo lo stantuffo che scorre senza attriti, il volume si riduce a $0,20 \text{ ml}$, tenendo costante la temperatura. Calcola la nuova pressione all'interno della siringa. $[4,04 \cdot 10^5 \text{ Pa}]$

Calcola la temperatura segnata da un termometro a gas perfetto a volume costante, sapendo che la pressione è salita del 10%, rispetto al valore assunto dalla pressione a $0,0^\circ \text{C}$. $[27^\circ \text{C}]$

Un sub rilascia una bollicina sferica di aria di raggio $1,5 \text{ cm}$ da 100 m di profondità. Assumendo una temperatura costante e trattando l'aria come se fosse un gas perfetto, calcola quanto è grande il raggio della bolla quando raggiunge la superficie. La pressione sul pelo libero dell'acqua è pari a $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ e la densità dell'acqua è $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.



$[3,3 \text{ cm}]$

Una bombola da $1,5$ litri contiene azoto gassoso, alla pressione di 620 kPa . Una seconda bombola, dalla capacità di $3,0$ litri, contiene metano alla pressione di 950 kPa . Le due bombole vengono collegate tra loro, lasciando i gas liberi di mescolarsi. Quanto varrà la pressione finale?

$[840 \text{ kPa}]$

Suggerimento

La pressione finale è pari alla somma delle pressioni parziali dei due gas, che puoi ricavare applicando la legge di Boyle.

Un bambino tiene in mano un palloncino di volume $1,1 \text{ dm}^3$, pieno di elio, a temperatura ambiente (20°C) e sottoposto a una pressione pari a $1,0 \text{ atm}$. Il palloncino sfugge di mano al bambino, e inizia a salire verso l'alto; dopo una lunga salita, raggiunge una temperatura di 285 K e una pressione di 54 kPa . Nel frattempo, metà dell'elio contenuto si è disperso. Quanto vale, in quel momento, il volume del palloncino? $[1 \text{ dm}^3]$

Vero o falso?

- La teoria cinetica dei gas collega le proprietà macroscopiche di un sistema termodinamico alle proprietà cinematiche e dinamiche medie delle molecole. V F
- Secondo la teoria cinetica dei gas, la pressione di un gas è determinata dagli urti delle particelle contro le pareti del recipiente che lo contiene. V F
- Lo stesso numero di molecole di gas diversi, contenuti in due recipienti di pari volume, esercita la medesima pressione sulle pareti dei contenitori. V F
- Per descrivere un gas mediante la teoria cinetica si suppone che le particelle si muovano in modo disordinato e continuo. V F
- I gas reali rispettano rigorosamente le ipotesi della teoria cinetica dei gas, in qualsiasi condizione di temperatura e pressione. V F