

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 1

- 1.1. (*)** Un punto materiale si muove lungo una retta; al tempo $t = 0$ passa per l'origine ($x = 0$) con velocità $v_0 > 0$ e per $t \geq 0$ è sottoposto ad un'accelerazione costante $a < 0$. Scrivere l'equazione oraria del punto materiale e ricavare poi le espressioni delle grandezze seguenti, calcolandone il valore numerico nel caso in cui $a = -10 \text{ m/s}^2$ e $v_0 = 20 \text{ m/s}$:
- 1) l'istante t_1 in cui il punto ha velocità nulla;
 - 2) la massima distanza dall'origine raggiunta dal punto lungo il semiasse positivo;
 - 3) l'istante t_2 in cui il punto passa nuovamente per l'origine;
 - 4) la velocità del punto all'istante t_2 .
- Tracciare inoltre i grafici di accelerazione, velocità e posizione del punto in funzione del tempo, per $0 \leq t \leq 6 \text{ s}$.
[Risposte: 1) $t_1 = -v_0/a = 2 \text{ s}$; 2) $x_{\max} = -v_0^2/2a = 20 \text{ m}$; 3) $t_2 = -2v_0/a = 4 \text{ s}$; 4) $v(t_2) = -v_0 = -20 \text{ m/s}$.]
- 1.2. (*)** Calcolare l'accelerazione della terra nel moto di rivoluzione intorno al sole, considerando la terra come un punto materiale, ipotizzando che il moto sia circolare uniforme e che la distanza terra-sole sia $R_{\text{TS}} = 150 \times 10^6 \text{ km}$. [Risposta: $|a| = 5.95 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$.]
- 1.3. (*)** Un'automobile, che al tempo $t = 0$ procede con velocità $v_0 = 100 \text{ km/h}$, per $t \geq 0$ frena con accelerazione costante e si ferma dopo 100 m . Calcolare il valore dell'accelerazione. [Risposta: $|a| = 3.86 \text{ m/s}^2$.]
- 1.4. (**)** Un orologio tradizionale (con lancette di ore, minuti e secondi) segna le 4. Quale ora segnerà l'orologio quando, per la prima volta dopo le 4, le lancette delle ore e dei minuti avranno stessa direzione e verso opposto? [Risposta: le 4h 54m 33s.]
- 1.5. (**)** Due punti materiali si muovono sullo stesso asse. Al tempo $t = 0$, il punto P_1 si trova nella posizione $x_1 = 0$ e il punto P_2 si trova nella posizione $x_2 = d > 0$; le rispettive velocità sono v_{10} e v_{20} , con $v_{10} > v_{20} > 0$. (Il punto P_1 insegue P_2 , avvicinandosi.) Per $t > 0$ il punto P_2 mantiene costante la propria velocità, mentre il punto P_1 rallenta, con accelerazione costante $a < 0$.
- 1) Determinare quale relazione deve esistere fra v_{10} , v_{20} , d e a , affinché il primo punto non tamponi il secondo.
 - 2) Esprimere il tempo di frenata t_f in funzione di v_{10} , v_{20} ed a .
- [Risposte: 1) $d \geq (v_{10} - v_{20})^2/(2|a|)$; 2) $t_f = (v_{10} - v_{20})/|a|$.]
- 1.6. (**)** Un'automobile (schematizzabile come un punto materiale) entra con la velocità $v_0 = 108 \text{ km/h}$ in una curva assimilabile ad un quarto di circonferenza di raggio $R = 80 \text{ m}$ e percorre tutta la curva frenando, con accelerazione tangenziale costante e pari (in valore assoluto) a 2 m/s^2 . Scrivere la legge oraria e le espressioni del modulo della velocità e del modulo dell'accelerazione in funzione del tempo. Quando e dove è massima (in modulo) l'accelerazione? Si trovi inoltre il modulo $|v_f|$ della velocità alla fine della curva.
[Risposta: $|v_f| = 20 \text{ m/s}$.]

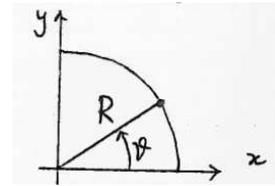
Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 2

2.1. (*) Trascurando il moto di rivoluzione attorno al sole, calcolare il modulo della velocità e il modulo dell'accelerazione di un corpo fermo sulla superficie della terra, alla latitudine $\theta = 30^\circ$, rispetto ad un riferimento inerziale con l'origine nel centro della terra. Si supponga la terra sferica, con raggio $R_{RT} = 6370$ km. [Risposte: $v = 400$ m/s; $a = 0.029$ m/s².]

2.2. (*) Un punto materiale di massa m al tempo $t = 0$ si trova in quiete nell'origine di un dato sistema di riferimento cartesiano. Per $t > 0$ si muove con accelerazione $\vec{a} = a_x \hat{u}_x + a_y \hat{u}_y$, dove a_x e a_y sono costanti e $a_y = 2a_x$. Si determini la traiettoria del punto. [Risposta: $y = 2x$.]

2.3. (**) Un punto materiale percorre un arco di circonferenza di raggio $R = 50$ cm, con legge oraria $\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2$, con $\alpha = 1$ rad/s². Con riferimento alla figura, determinare le componenti cartesiane ed il modulo di velocità ed accelerazione per $\theta = 90^\circ$. [Risposta: $v_x = -R\sqrt{\pi\alpha} = -0.89$ m/s; $v_y = 0$; $|v| = 0.89$ m/s; $a_x = -\alpha R = -0.5$ m/s²; $a_y = -\pi\alpha R = -1.57$ m/s²; $|a| = 1.65$ m/s².]



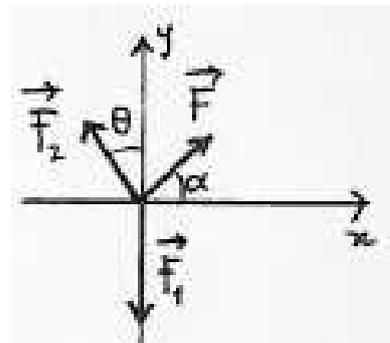
2.4. (**) Un punto materiale, in quiete all'istante $t = 0$, per $t > 0$ si muove su una circonferenza di raggio $R = 100$ m con accelerazione tangenziale costante $a_t = 4$ m/s². Determinare l'istante t^* in cui la componente centripeta dell'accelerazione uguaglia la componente tangenziale. [Risposta: $t^* = \sqrt{R/a_t} = 5$ s.]

2.5. (**) Dal cornicione di un edificio di altezza H si stacca un piccolo frammento che cade verticalmente. Un uomo che si trova al livello stradale ne osserva la caduta e valuta che il frammento impiega $\tau = 0.1$ s per attraversare il portone di ingresso dell'edificio, alto 3 m. Ricavare H . (Esercizio n. 1 della prova scritta di Fisica Generale I per Ing. Civile ed Edile del 16.10.1998.) [Risposta: $H = 47.4$ m.]

2.6. (**) Un punto materiale viene lanciato verticalmente verso l'alto con velocità v_0 da un carrello che si muove rispetto ad un asse x orizzontale fermo rispetto al suolo con velocità v_x . Descrivere il moto visto da un osservatore solidale al suolo.

2.7. (**) Un'automobile che si muove di moto rettilineo uniforme con velocità $v = 150$ km/h viene colpita da un sasso lasciato cadere verticalmente (rispetto al suolo) da una quota 10 m superiore a quella del punto di impatto. Detta \vec{v}_r la velocità del sasso rispetto all'auto al momento dell'urto, determinare $v_r = |\vec{v}_r|$ e l'angolo α fra la verticale e \vec{v}_r stessa. [Risposte: $v_r = 43.9$ m/s; $\alpha = 71.4^\circ$.]

2.8. (*) Un punto materiale, inizialmente in quiete, è soggetto alle forze indicate in figura. Calcolare modulo e direzione (angolo α) di \vec{F} in modo che il punto rimanga in quiete. Dati: $|\vec{F}_1| = 34$ N; $|\vec{F}_2| = 25$ N; $\Theta = 30^\circ$. [Risposte: $|\vec{F}| = 17.6$ N; $\alpha = 44.6^\circ$.]



2.9. (**) Il moto di un punto materiale è descritto dalla legge oraria

$$x(t) = 10 t + 20 t^2 \text{ m}; \quad y(t) = 20 + 11.5 t^2 \text{ m}.$$

Determinare l'ampiezza dell'angolo θ compreso fra l'asse x e la direzione della forza che agisce sul punto materiale. [Risposta: $\theta = \arctan(23/40) \simeq 30^\circ$.]

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 3

- 3.1. (**)** Un corpo di massa $m = 0.1$ kg, assimilabile ad un punto materiale, è lanciato con velocità iniziale $v_0 = 20$ m/s in un mezzo viscoso che esercita una forza resistente $\vec{F} = -\beta\vec{v}$, dove \vec{v} è la velocità e $\beta = 2$ kg/s. Determinare lo spazio s percorso dal corpo nel mezzo viscoso. Si trascuri la forza di gravità. [Risposta: $s = 1$ m.]
- 3.2. (**)** Un corpo di massa $m = 100$ kg è vincolato a muoversi lungo una retta. Al tempo $t = 0$ ha velocità $v_0 = 20$ m/s. Determinare a quale istante t_1 la velocità del punto si riduce al valore $v_1 = v_0/2$, sapendo che il corpo è soggetto ad una forza resistente parallela alla direzione del moto, di verso opposto, e di modulo $F = Cv^2$, dove $C = 1$ kg/m e v è la velocità istantanea del corpo. [Risposta: $t_1 = m/Cv_0 = 5$ s]
- 3.3. (*)** Un oggetto di massa $m = 5$ kg, assimilabile a un punto materiale, si trova in quiete su un piano inclinato scabro che forma un angolo $\theta = 30^\circ$ con il piano orizzontale. Calcolare il modulo della forza di attrito, sapendo che il contatto corpo-piano è caratterizzato dal coefficiente di attrito statico $\mu_s = 0.8$. [Risposta: $F_A = 24.5$ N.]
- 3.4.** Si vuole spostare orizzontalmente un corpo di massa $m = 100$ kg, in quiete su una superficie piana scabra, esercitando una forza \vec{F} di modulo $F = 800$ N. Il contatto corpo-piano è caratterizzato dal coefficiente di attrito statico $\mu_s = 1$.
- (a). (*) Verificare che non è possibile spostare il corpo se la forza \vec{F} è diretta orizzontalmente.
- (b). (***) Verificare che è invece possibile spostare il corpo se la direzione della forza \vec{F} forma un angolo $\alpha = 30^\circ$ con il piano orizzontale
- (c). (***) Determinare il valore dell'angolo α^* fra piano orizzontale e direzione della forza che rende minimo il modulo della forza necessaria per spostare il corpo. [Risposte: (b) Il corpo viene spostato se $F > (\mu_s mg)/(\cos \alpha + \mu_s \sin \alpha) = 718$ N. (c) $\alpha^* = \arctan \mu_s = 45^\circ$.]
- 3.5. (*)** Un punto materiale di massa $m = 2$ kg, poggiato su un piano orizzontale liscio, è vincolato da un filo rigido inestensibile di lunghezza $L = 1$ m a compiere un moto circolare, rimanendo poggiato sul piano. Sapendo che il carico di rottura del filo (massima tensione sostenibile dal filo) è $T_r = 1000$ N, determinare la massima velocità angolare (supposta costante nel tempo) con cui il punto può ruotare. [Risposta: $\omega_{\max} = \sqrt{T_r/mL} = 22.4$ rad/s.]
- 3.6. (*)** Un punto materiale di massa $M = 2.5$ kg al tempo $t = t_0$ ha velocità $\vec{v} = 10\hat{u}_x + 20\hat{u}_y$ m/s. Fra $t = t_0$ e $t = t_1$ al punto viene applicato un impulso \vec{I} , giacente nel piano $x-y$, in direzione e verso tali da formare un angolo di 45° con l'asse x e di modulo $I = 50$ Ns. Determinare il modulo della velocità del punto al tempo t_1 . [Risposta: $v(t_1) = 41.8$ m/s.]
- 3.7. (*)** Un punto materiale di massa $M = 1$ kg, al tempo $t = t_0$ ha velocità $\vec{v}_0 = 20\hat{u}_x + 10\hat{u}_y$ m/s. Quale forza costante \vec{F} deve essere applicata al punto materiale per annullarne la velocità in 3 secondi? [Risposta: $\vec{F} = (-6.67$ N; -3.33 N); $|N| = 7.45$ N.]

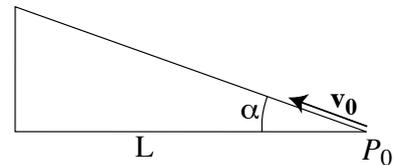
Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 4

- 4.1.(*). Calcolare il lavoro necessario per spostare di 10 m, in direzione rettilinea e orizzontale, un corpo di massa $M = 20$ kg, facendolo scorrere su una superficie ruvida; il contatto è caratterizzato da un coefficiente di attrito $\mu_d = 0.3$. [Risposta: $L = 588$ J.]
- 4.2(**). Un proiettile di massa $m = 20$ g, assimilabile ad un punto materiale, in moto con velocità $v_0 = 360$ km/h, urta contro un muro di massa molto grande, penetrandovi e fermandosi in uno spazio $\Delta x = 1$ cm. Stimare il valore del modulo della forza frenante F , ipotizzata costante, e del tempo di arresto. [Risposta: $F = 10^4$ N; $\Delta t = 0.2$ ms.]

- 4.3(**). Risolvere l'esercizio seguente sia applicando il secondo principio della dinamica e ricavando la legge oraria, sia con considerazioni energetiche.

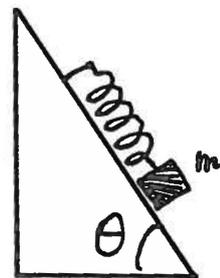
Un punto materiale al tempo $t = 0$ passa per il punto P_0 salendo con velocità di modulo v_0 , diretta lungo la linea di massima pendenza di un piano inclinato scabro (vedi figura).



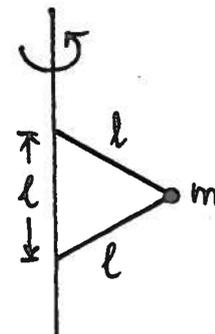
La lunghezza L del piano è praticamente infinita. Determinare: a) la quota massima h raggiunta dal punto materiale; b) la velocità v_f del punto materiale quando passa nuovamente per P_0 . Dati: $v_0 = 3$ m/s; $\mu_d = 0.3$; $\alpha = 30^\circ$. (Si assume che il coefficiente di attrito statico abbia un valore tale che il punto materiale non rimane in quiete nel punto di quota massima.)

[Risposte: a) $h = 30$ cm; b) $v_f = 1.69$ m/s.]

- 4.4(**). Su un piano inclinato scabro, formante un angolo $\theta = 60^\circ$ con l'orizzontale, è poggiato un corpo di massa $m = 100$ g. Questo corpo è agganciato ad una molla di costante elastica $k = 20$ N/m, fissata con un opportuno supporto all'estremità superiore del piano (vedi figura). Il corpo viene lasciato libero di muoversi quando la molla è non deformata. Calcolare il massimo allungamento Δl della molla. Per il coefficiente di attrito dinamico si assuma $\mu_d = 0.366$; il coefficiente di attrito statico ha valore tale che il corpo scivola sul piano inclinato. [Risposta: $\Delta l = 6.8$ cm.]



- 4.5(**). Una sfera di massa $m = 1$ kg, assimilabile ad un punto materiale, è collegata ad un'asta rigida verticale mediante due fili indeformabili di massa trascurabile e di lunghezza $l = 2$ m, fissati all'asta in due punti distanti l (vedi figura). Il sistema può ruotare attorno all'asta con velocità angolare ω costante. Determinare il minimo valore di ω per cui entrambi i fili risultano tesi e i relativi valori delle tensioni [Risposte: $\omega_{\min} = 3.1$ rad/s; $T_1 = 20$ N; $T_2 = 0$.]



- 4.6.(*). Quante oscillazioni complete compie in un'ora un pendolo semplice di lunghezza $l = 50$ cm? [Risposta: circa 2540.]
- 4.7(**). Un pendolo semplice esegue oscillazioni con frequenza $\nu = 4$ s⁻¹. Se si dimezza la sua lunghezza, quale valore assume il periodo delle oscillazioni? [Risposta: $T = 0.177$ s.]

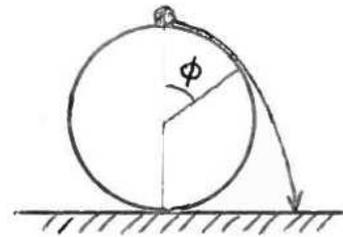
Foglio di esercizi n. 5

5.1. (***) Un oggetto, assimilabile ad un punto materiale, lanciato con una data velocità iniziale v_0 radente ad un piano orizzontale scabro, striscia sul piano stesso e si ferma dopo aver percorso una distanza d . Ripetendo l'esperienza mentre il piano accelera in direzione verticale, si osserva che l'oggetto si arresta dopo aver percorso una distanza $2d$. Determinare verso e modulo dell'accelerazione del piano. [Risposta: $a = g/2$, diretta verticalmente, verso il basso.]

5.2. (***) Una moneta di massa $M = 10$ g (assimilabile ad un punto materiale) si trova, ferma, al centro di un disco di carta di massa $m = 1$ g e raggio $r = 20$ cm, posato, con velocità nulla, su di un piano orizzontale privo di attrito. Tirando orizzontalmente il disco con una forza di modulo $F = 0.28$ N costante nel tempo, si osserva che la moneta esce dal foglio in un tempo $t = 4 \times 10^{-2}$ s. Determinare il coefficiente di attrito dinamico fra la moneta e il disco di carta.
[Risposta: $\mu_d = \frac{F - 2mrt^{-2}}{(m + M)g} = 0.278$.]

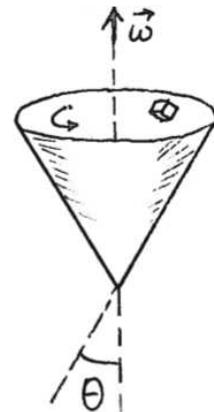
5.3. (*) Un oscillatore meccanico monodimensionale, costituito da una massa puntiforme fissata ad un estremo di una molla di massa trascurabile (il cui altro estremo è fisso), oscilla con periodo $T = 1$ s. Sapendo che la massa transita per la posizione di riposo con velocità $v_0 = 1$ m/s, determinare l'ampiezza x_0 delle oscillazioni. [Risposta: $x_0 = 15.9$ cm.]

5.4. (***) Un corpo (assimilabile ad un punto materiale) di massa m viene posto, in quiete, in posizione di equilibrio instabile sulla superficie liscia di un cilindro di raggio R , fermo e con asse orizzontale. A causa di una piccola perturbazione il corpo prende a muoversi per effetto della gravità. Determinare in quale punto, individuato dall'angolo ϕ sotteso dall'arco percorso, avviene il distacco dal cilindro (vedi figura). [Risposta: $\phi = \arccos(2/3) = 48^\circ$.]



5.5. (***) Un cubetto di ferro, assimilabile ad un punto materiale, è appoggiato sulla superficie interna scabra di un cono che ruota con velocità angolare costante ω . Detta $R = 20$ cm la distanza del cubetto dall'asse di rotazione, $\theta = 30^\circ$ la semi-ampiezza dell'angolo al vertice e $\mu_s = 0.5$ il coefficiente di attrito statico che caratterizza il contatto fra cubetto e superficie, determinare il valore massimo della velocità angolare per cui il cubetto rimane fermo rispetto alla superficie del cono. [Risposta:

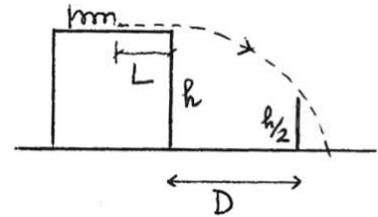
$$\omega_{\max} = [(g/R)(\mu_s \sin \theta + \cos \theta)/(\sin \theta - \mu_s \cos \theta)]^{1/2} = 28.6 \text{ rad/s.}]$$



Foglio di esercizi n. 6

6.1.(*). Una molla di massa trascurabile, disposta verticalmente, si allunga di 2 cm quando ad essa viene appeso (in quiete) un corpo di massa $M = 10$ kg. Qual è la massa M' di un secondo corpo che causa un allungamento di 4 cm? Se l'equilibrio viene perturbato da un piccolo spostamento verticale, con quale frequenza ν' oscilla verticalmente la seconda massa? [Risposta: $M' = 20$ kg; $\nu' = 2.5 \text{ s}^{-1}$.]

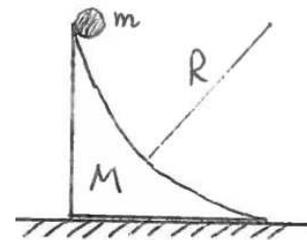
6.2(**). Con riferimento alla figura, una molla ad asse orizzontale, di massa trascurabile e costante elastica $k = 1000 \text{ N/m}$, è utilizzata per lanciare proiettili di massa $m = 10$ g, assimilabili a punti materiali. La superficie del piano a destra della posizione di equilibrio della molla è scabra e il contatto proiettile-piano è caratterizzato da un coefficiente di attrito dinamico $\mu_d = 0.5$. Sapendo che nella posizione di riposo l'estremo libero della molla dista $L = 39$ cm dal bordo del piano, e che il piano si trova alla quota $h = 1$ m rispetto al suolo, determinare la minima compressione ξ della molla necessaria affinché il proiettile superi l'ostacolo 'H', di altezza $h_0 = h/2 = 50$ cm, posto a distanza $D = 1.9$ m dal bordo del piano. (Nei calcoli porre $g = 10 \text{ m/s}^2$.) [Risposta: $\xi = 2$ cm.]



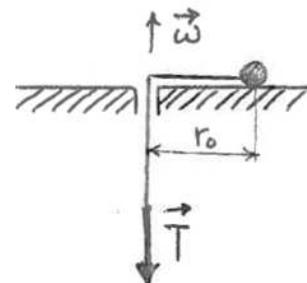
6.3(**). Due corpi identici, di ugual massa $m = 3$ kg, sono collegati da un cavo elastico di costante elastica $k = 150 \text{ N/m}$ e massa trascurabile, e trascinati lungo un piano orizzontale scabro con velocità costante da una forza costante, diretta orizzontalmente, applicata ad uno di essi. Determinare il coefficiente di attrito dinamico μ_d fra piano e masse, sapendo che il cavo si allunga rispetto alla condizione di riposo di $\Delta x = 7$ cm. [Risposta: $\mu_d = 0.35$.]

6.4(**). Un'automobile è spinta da un motore in grado di sviluppare una potenza di 120 kW. Determinare velocità massima v_{\max} raggiungibile in pianura, in condizioni stazionarie, ipotizzando che le forze di resistenza al moto siano espresse dalla relazione $\vec{F} = -Cv^2\hat{v}$, dove \hat{v} è il versore della velocità, e $C = 0.6 \text{ kg/m}$. [Risposta: $v_{\max} = (P/C)^{1/3} = 58.2 \text{ m/s} = 210 \text{ km/h}$.]

6.5(**). Un corpo di massa m è posto alla sommità di una guida scabra di massa M a forma di un quarto di circonferenza di raggio R (vedi figura). La guida può scorrere senza attrito su un piano orizzontale. Sapendo che le forze di attrito durante la discesa compiono un lavoro resistente L , calcolare la velocità relativa v_{rel} fra il corpo e la guida quando il corpo arriva sul piano (Dati: $m = 1$ kg, $M = 2$ kg; $R = 50$ cm; $g = 10 \text{ m/s}^2$, $L = -1$ J. [Risposta: $v_{\text{rel}} = 3.45 \text{ m/s}$.]



6.6(***) Un punto materiale di massa m , fissato ad un estremo di un filo inestensibile, teso come mostrato dalla figura, percorre con velocità costante (in modulo) v_0 una circonferenza di raggio r_0 su un piano orizzontale liscio. Variando la tensione, si varia il raggio della circonferenza descritta dal punto. Nota la tensione di rottura T_r del filo, scrivere l'espressione che fornisce il minimo raggio di rotazione r_{\min} per dati valori di m , v_0 , r_0 e T_r . [Risposta: $r_{\min} = (mr_0^2v_0^2/T_r)^{1/3}$.]



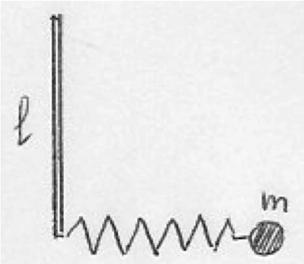
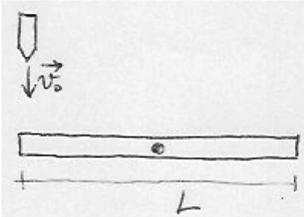
Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 7

- 7.1. (**)** Una sfera omogenea di massa m e raggio r si trova ferma su di un piano orizzontale scabro, anch'esso inizialmente in quiete. A un certo istante il piano inizia ad accelerare con accelerazione costante \vec{a} in direzione orizzontale. Trovare l'espressione del valore minimo del coefficiente di attrito fra sfera e piano affinché la sfera rotoli senza strisciare sul piano quando il piano si muove come descritto sopra. (Momento d'inerzia della sfera rispetto al centro: $I = (2/5)mr^2$.) [Risposta: $\mu_{\min} = (2/7)(|a|/g)$; g : accelerazione di gravità.]
- 7.2. (**)** Una sbarra sottile, di lunghezza $L = 30$ cm, è vincolata a ruotare attorno ad un asse orizzontale passante per un estremo e normale alla sbarra stessa. Inizialmente la sbarra si trova in quiete, in posizione verticale (con l'estremo libero a quota maggiore di quello vincolato). Successivamente, a causa di una piccola perturbazione la sbarra inizia a ruotare. Ipotizzando il vincolo privo di attrito, calcolare il modulo della velocità e il modulo dell'accelerazione dell'estremo libero della sbarra nell'istante in cui la sbarra si trova in posizione orizzontale. [Risposta: $|v| = 3$ m/s; $|a| = 33$ m/s²]
- 7.3. (**)** Una piattaforma circolare (disco omogeneo) è vincolata a ruotare in un piano orizzontale attorno a un asse verticale liscio rispetto al quale ha momento d'inerzia I ; sulla piattaforma, a distanza r dall'asse, è saldato un cannoncino di massa M caricato a molla (massa trascurabile, costante elastica k). L'asse del cannoncino è orizzontale e tangente alla piattaforma. Inizialmente il sistema è in quiete, quindi il cannoncino, la cui molla è compressa per un tratto A , spara un proiettile di massa m . Calcolare la velocità angolare ω della piattaforma subito dopo lo sparo. Dati: $I = 0.75$ kg · m²; $r = 50$ cm; $M = 1$ kg; $m = 200$ g; $k = 100$ N/m; $A = 20$ cm. [Risposta: $\omega = 0.464$ s⁻¹]
- 7.4. (**)** A un disco omogeneo viene applicata una coppia motrice costante di momento $M_m = 10$ Nm. A causa dell'attrito viscoso, durante la rotazione agisce una coppia frenante di momento $M_a = -b\omega$, con $b = 0.1$ N m s (ω : velocità angolare). Calcolare la potenza P fornita dal motore quando il disco raggiunge la massima velocità. [Risposta: $P = 1$ kW]
- 7.5. (**)** Una ruota (disco omogeneo di massa $M = 2$ kg e raggio $R = 20$ cm) è appoggiata su un piano scabro. Sotto l'azione di una coppia di forze di momento costante di modulo $m = 3$ Nm, la ruota rotola sul piano senza strisciare. Calcolare l'accelerazione a_c del centro di massa della ruota e il modulo f_a della forza di attrito fra il piano e la ruota. [Risposta: $a_c = 5$ m/s²; $f_a = 10$ N]

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 8

- 8.1. (**) Un corpo A di massa $m = 80$ g urta con velocità \vec{v} (di modulo $v = 9$ m/s) un corpo B di massa $M = 200$ g, fermo e attaccato a una molla ideale di costante elastica $K = 80$ N/m, con asse coincidente con la direzione di v , a riposo. Nell'urto A si conficca in B . Calcolare la massima compressione Δx della molla e il periodo T delle oscillazioni del sistema masse-molla. [Risposta: $\Delta x = 15.2$ cm; $T = 0.37$ s]
- 8.2. (**) Un'asta di massa M e lunghezza l giace in quiete su un piano orizzontale liscio. Una pallina di massa m (assimilabile a un punto materiale), in moto con velocità v_0 ortogonale all'asta, urta l'asta elasticamente in un punto a distanza d dal centro dell'asta stessa. Determinare il valore di m per il quale la pallina rimane ferma dopo l'urto. [Risposta: $m = Ml^2/(l^2 + 12d^2)$]
- 8.3. (**) Su un piano orizzontale privo di attrito giacciono a riposo una sbarra omogenea di lunghezza l e massa $m = 1$ kg e un corpo puntiforme con la stessa massa m (vedi figura). Una molla di costante elastica $k = 5 \times 10^4$ N/m compressa di un tratto $x = 7$ cm, giace con l'asse ortogonale all'asse maggiore della sbarra, a contatto da una parte con un estremo della sbarra, dall'altra con il corpo. Quando si sblocca la molla il corpo e la sbarra si allontanano. Determinare la velocità v_c del corpo. [Risposta: $v_c = 7$ m/s.]
- 
- 8.4. (**) Un'asta omogenea di massa $M = 0.9$ kg e lunghezza $L = 20$ cm, incernierata nel punto di mezzo, può ruotare in un piano orizzontale. L'asta, inizialmente ferma, viene colpita a un'estremità da un proiettile di massa $m = 100$ g, sparato con velocità $v_0 = 100$ m/s nello stesso piano dell'asta, ortogonalmente all'asse maggiore dell'asta stessa. Il proiettile si conficca nell'asta, che inizia a ruotare e compie 12 giri completi prima di fermarsi. Calcolare il momento di attrito \mathcal{M}_a (supposto costante) esercitato dalla cerniera sull'asta. [Risposta: $\mathcal{M}_a = 1.66$ Nm]
- 
- 8.5. (*) Quanto pesa sulla luna un corpo di massa $m = 1$ kg? (La luna ha massa 81 volte più piccola di quella della terra e raggio 3.7 volte più piccolo di quello terrestre.) [Risposta: $p = 1.66$ N]
- 8.6. (**) Determinare la velocità v_0 con cui va lanciato dalla superficie della terra un satellite per porlo in orbita geostazionaria. Si consideri nulla la resistenza offerta dall'atmosfera e trascurabile ogni effetto dovuto alla rotazione della terra e all'influsso degli altri corpi celesti. Si ricorda che, per definizione, un satellite in orbita geostazionaria risulta fermo rispetto alla superficie terrestre. Si ricorda inoltre che la costante di gravitazione universale è $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m² kg⁻², la massa della terra è $M_T = 6 \times 10^{24}$ kg e il raggio della terra è $R_T = 6.37 \times 10^3$ km. [Risposta: $v_0 = 1.08 \times 10^4$ m/s]

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 9

- 9.1.**** Una sfera cava, di peso e spessore trascurabili e raggio $R = 25$ cm, galleggia sfiorando la superficie dell'acqua contenuta in una grande vasca. Alla sommità della sfera c'è un forellino attraverso il quale si può versare un liquido. Calcolare il volume di mercurio (di densità $\rho = 13.6$ g/cm³) che occorre versare all'interno della sfera affinché questa rimanga in equilibrio completamente immersa sfiorando la superficie dell'acqua. Calcolare inoltre il lavoro della spinta di Archimede durante l'immersione. [Risposte: $V = 4.81$ dm³; $L = -161$ J]
- 9.2.**** Un blocco di legno, cubico e omogeneo, di massa $m_L = 4$ kg e densità $\rho_L = 0.6$ g/cm³, galleggia in acqua. Aderente alla sua base inferiore è posta una zavorra di piombo di densità $\rho_{Pb} = 11.3$ g/cm³. Sapendo che in queste condizioni il blocco di legno risulta immerso per il 90% del suo volume, calcolare la massa della zavorra. [Risposta: $m = 2.19$ kg]
- 9.3.**** Una bilancia è totalmente immersa in un liquido di densità ρ . Due sfere di massa $m_1 = 40$ kg e $m_2 = 13.5$ kg, e raggio $r_1 = 20$ cm e $r_2 = 10$ cm, rispettivamente, vengono poste sui piatti della bilancia, che risulta equilibrata. Determinare la densità del liquido. [Risposta: $\rho = 903$ kg/m³]
- 9.4.**** Al livello del mare, un palloncino di gomma è riempito a pressione atmosferica ($p_0 = 1$ atm) con elio e viene lasciato libero di salire nell'atmosfera. La gomma del palloncino può compensare una variazione massima di pressione $\Delta p = 0.2$ atm. Nell'ipotesi che la temperatura dell'aria sia indipendente dalla quota e che a ogni quota densità ρ e pressione p dell'aria soddisfino la relazione $\rho = \rho_0 p / p_0$, (con $\rho_0 = 1.293$ kg/m³) determinare a quale altezza h dal suolo il palloncino esploderà. (1 atm = 1.013×10^5 Pa) [Risposta: $h = 1.78$ km]

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 10

- 10.1. (*)** Sapendo che il peso atomico dell'alluminio è $A = 27$, calcolare la capacità termica C di un blocco di alluminio di massa $m = 10$ kg. Si usi la legge di Dulong-Petit, che afferma che il calore molare di un solido è approssimativamente $c = 6$ cal/(mol K). [Risposta: $C = 9300$ J/K.]
- 10.2. (*)** Una massa $m = 2$ kg di acqua alla temperatura $T = 0$ °C è posta in un recipiente adiabatico, con pareti di capacità termica trascurabile. Un dispositivo frigorifero sottrae all'acqua una potenza termica costante $P = 500$ W. Quanto tempo bisogna attendere prima che tutta la massa d'acqua solidifichi? (Il calore latente di fusione dell'acqua è $\lambda_f = 79.7$ cal/g) [Risposta: $t = 1336$ s.]
- 10.3. (*)** Due moli di un gas perfetto, inizialmente alla temperatura $T = 27$ °C e alla pressione $p_0 = 10$ atmosfere, compiono un'espansione isoterma al termine della quale la pressione raggiunge il valore $P_1 = 5$ atmosfere. Calcolare il lavoro compiuto L e la quantità di calore assorbita Q nella trasformazione. (1 atmosfera $\simeq 10^5$ Pa) [Risposta: $L = Q = 3.44$ kJ.]
- 10.4. (*)** Calcolare il lavoro L compiuto da una certa quantità di gas che si espande lentamente e mantenendo la pressione costante e pari a 10 atmosfere, dal volume iniziale $V_0 = 1$ m³ al volume finale $V_f = 10$ m³. [Risposta: $L = 9 \times 10^6$ J.]
- 10.5. (*)** Quanto calore Q deve assorbire una mole di gas perfetto monoatomico, mantenuto in un recipiente di volume costante, affinché la sua temperatura aumenti di 80 K? [Risposta: $Q = 997$ J.]
- 10.6. (*)** Un sistema di massa $m = 10$ kg, costituito da un gas con peso molecolare $M = 28$, cede una quantità di calore pari a 10000 cal e compie lavoro pari a 20000 J. Di quanto variano la sua energia interna specifica e la sua energia interna per mole? [Risposta: $\Delta U/m = -6190$ J/kg; $\Delta U/n = -173$ J/mol.]
- 10.7. (**)** Due corpi metallici con la stessa capacità termica $C = 200$ cal/K e una mole di aria (assimilabile ad un gas perfetto biatomico) si trovano inizialmente in equilibrio a $T_0 = 15$ °C all'interno di un recipiente rigido ed adiabatico. Successivamente, i due corpi vengono sfregati l'uno contro l'altro mediante un meccanismo esterno che consuma un'energia $E = 10$ kJ. Trascurando la capacità termica del recipiente e la variazione di volume dei due corpi metallici, si determini la temperatura di equilibrio finale del sistema T . [Risposta: $T = 20.9$ °C.]
- 10.8. (**)** 180 m³ di aria a pressione atmosferica (100 kPa) vengono trasferiti in un'ora in un recipiente alla pressione di 1.2 Mpa. Calcolare la potenza meccanica P_{compr} erogata dal compressore impiegato in tale operazione, supponendo la compressione isoterma e reversibile e considerando l'aria un gas perfetto. [Risposta: $P_{\text{compr}} = 12.4$ kW.]
- 10.9. (***)** In un contenitore a pareti rigide ed adiabatiche e di capacità termica trascurabile, è contenuta una massa $M = 1$ kg di ghiaccio alla pressione di 1 atmosfera e alla temperatura $T_{\text{gh}} = -3$ °C. Successivamente nel contenitore viene introdotta una massa $m = 0.2$ kg di acqua alla temperatura $T_a = 5$ °C. Si determinino le quantità di ghiaccio ($M_{\text{gh}}^{\text{equil}}$) e di acqua (m_a^{equil}) all'equilibrio, sapendo che il calore latente di fusione del ghiaccio è $\lambda_f = 80$ cal/g, il calore specifico del ghiaccio è $c_{\text{gh}} = 0.5$ cal/(g K), e il calore specifico dell'acqua è $c_a = 1$ cal/(g K). [Risposta: $M_{\text{gh}}^{\text{equil}} = 1006$ g; $m_a^{\text{equil}} = 194$ g.]

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 11

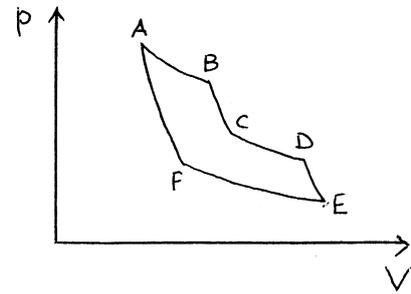
- 11.1. (*)** Un blocco di ghiaccio di massa $M = 1$ kg ha inizialmente temperatura di 0°C . Da un certo istante un dispositivo elettrico che eroga una potenza (termica) $P_t = 1$ kW gli fornisce calore. Calcolare il tempo necessario per fondere tutto il ghiaccio, sapendo che il calore latente di fusione è $\lambda_{\text{fus}} = 80$ cal/g. [Risposta: $t = 334$ s.]
- 11.2. (*)** Un motore termico ha rendimento $\eta = 0.25$ ed eroga una potenza media $P = 33.3$ kW. Quanto calore cede all'ambiente (sorgente fredda) in un'ora? [Risposta: $|Q_f| = 3.6 \times 10^8$ J.]
- 11.3. (*)** Si dispone di due sorgenti termiche ideali a temperature $T_1 = 600$ K e $T_2 = 300$ K, rispettivamente. Spiegare perché è impossibile realizzare a) un motore che in un ciclo assorbe la quantità di calore $Q_1 = 1000$ J, cede $Q_2 = -800$ J e produce lavoro $L = 400$ J e b) un motore caratterizzato da $Q_1 = 1000$ J, $Q_2 = -100$ J e $L = 900$ J.
- 11.4. (**)** In un cilindro a pareti adiabatiche può scorrere senza attrito un pistone, pure adiabatico. Nello stato iniziale due moli di gas perfetto biatomico occupano tutto il volume del cilindro V_0 e si trovano alla temperatura T_0 . Con una compressione adiabatica reversibile il volume viene portato al valore $V_1 = V_0/3^{5/2}$, poi viene aperta una valvola nel pistone e il gas si espande liberamente nel volume V_0 . Il lavoro complessivo compiuto dal gas è $L = -41.7$ kJ. Calcolare la temperatura iniziale T_0 e la temperatura finale T_1 del gas. [Risposta: $T_0 = 500$ K; $T_1 = 1500$ K.]
- 11.5. (**)** Una mole di gas perfetto monoatomico compie un ciclo reversibile costituito da un'espansione adiabatica in cui la temperatura decresce da $T_A = 1000$ K a $T_B = 500$ K, seguita da una compressione isoterma che riporta il volume al valore iniziale V_A , e da una trasformazione isocora al termine della quale la temperatura torna al valore iniziale T_A . Calcolare il lavoro compiuto dal gas in un ciclo. [Risposta: $L = 1915$ J.]
- 11.6. (**)** Un gas perfetto monoatomico compie il ciclo reversibile 1-2-3, costituito da un'espansione isobara 1-2, seguita da un raffreddamento isocoro 2-3 e da una trasformazione adiabatica 3-1, che riporta il gas allo stato 1. Si determini il rendimento η del ciclo, sapendo che $V_1/V_2 = 0.3$. [Risposta: $\eta = 0.258$.]
- 11.7. (**)** Una macchina termica opera con due sorgenti, a temperature $T_c = 627^\circ\text{C}$ e $T_f = 127^\circ\text{C}$, rispettivamente, e ha rendimento pari alla metà di quello di una macchina di Carnot operante fra le stesse temperature. Il lavoro prodotto è impiegato per sollevare di $h = 10$ m un volume $V = 1000$ m³ di acqua. Calcolare la potenza termica media \overline{P}_c assorbita dalla macchina alla temperatura T_c , sapendo che il lavoro suddetto viene compiuto in un tempo $t = 1$ h e che in tale intervallo di tempo la macchina esegue un numero intero di cicli. [Risposta: $\overline{P}_c = 98$ kW.]
- 11.8. (**)** Un gas perfetto monoatomico compie un ciclo reversibile 1-2-3, costituito da un'espansione isoterma 1-2, seguita da un raffreddamento isocoro 2-3 e da una trasformazione adiabatica 3-1. Si determini il rendimento η del ciclo sapendo che $V_2 = 5 V_1$. [Risposta: $\eta = 0.387$.]
- 11.9. (**)** Un gas perfetto monoatomico compie un ciclo reversibile 1-2-3, costituito da un'espansione isobara 1-2, seguita da un raffreddamento isocoro 2-3 e da una trasformazione isoterma 3-1. Si determini il rendimento η del ciclo sapendo che $V_2 = 2.718 V_1$. [Risposta: $\eta = 0.167$.]

Fisica I (Ing. Energetica) - prof. Atzeni
A.A. 2015-2016

Foglio di esercizi n. 12

12.1. ()** Una macchina di Carnot, che impiega una mole di gas perfetto, usa come sorgente a temperatura più bassa un grande blocco di ghiaccio alla temperatura $T_f = 0^\circ\text{C}$. Sapendo che in ogni ciclo viene fusa una massa $m = 11$ g di ghiaccio e viene prodotto un lavoro $L = 4380$ J, determinare la temperatura T_c della sorgente a temperatura più alta e il rapporto r fra il volume del gas all'inizio ed al termine della fase di compressione isoterma. (Calore latente di fusione del ghiaccio: $\lambda_f = 333$ J/g) [Risposta: $T_c = 600$ K; $r = 5$]

12.2. ()** Calcolare il rendimento η del ciclo reversibile mostrato in figura, costituito da tre trasformazioni isoterme (AB, CD, EF), a temperature $T_A = 1000$ K, $T_C = 500$ K, e $T_E = 400$ K, rispettivamente, e da tre trasformazioni adiabatiche, sapendo che nelle trasformazioni AB e CD viene assorbita la stessa quantità di calore $Q_{AB} = Q_{CD}$. Calcolare inoltre il lavoro L compiuto in un ciclo da tre moli di gas perfetto, assumendo $V_E = 4.5V_F$. [Risposta: $\eta = 0.4$; $L = 10$ kJ]



12.3. ()** Tre moli di gas perfetto biatomico, inizialmente alla temperatura T_i , compiono una sequenza di trasformazioni reversibili, al termine della quale la temperatura assume il valore $T_f = 3T_i$. Gli unici scambi di calore avvengono con due sorgenti alle temperature $T_1 = 500$ K e $T_2 = 700$ K, dalle quali il gas riceve le quantità di calore $Q_1 = 30$ kJ e $Q_2 = 18$ kJ, rispettivamente. Calcolare il rapporto V_f/V_i fra il volume iniziale e quello finale del gas. [Risposta: $V_f/V_i = 2$]

12.4. ()** Una massa $m_1 = 2$ kg di acqua alla temperatura $t_1 = 10^\circ\text{C}$ viene unita a una seconda massa $m_2 = 4$ kg di acqua alla temperatura $t_2 = 25^\circ\text{C}$. Il processo è complessivamente adiabatico. Calcolare la variazione di energia interna ΔU e di entropia ΔS dell'intero sistema. [Risposta: $\Delta U = 0$; $\Delta S = 7.4$ J/K]

12.5. (*)** Una mole di gas perfetto monoatomico passa reversibilmente da uno stato iniziale (caratterizzato da temperatura T_i e volume V_i) a uno stato finale (T_f ; $V_f = V_i$) scambiando una quantità di calore Q con una sola sorgente a temperatura costante T_0 , e tale che $T_i < T_0 < T_f$. Ricavare l'espressione del lavoro L compiuto dal gas. {Risposta: $L = (3/2)R[T_0 \ln(T_f/T_i) - (T_f - T_i)]$ }

12.6. ()** Un sistema termodinamico isolato termicamente dall'esterno è costituito da $n = 5$ moli di gas perfetto che occupano inizialmente un volume V_0 e da una sorgente termica a temperatura $T = 20^\circ\text{C}$, costantemente in contatto termico con il gas. Il gas viene fatto espandere fino a raggiungere un volume $V = 15V_0$ e contestualmente si osserva che la sorgente cede al gas la quantità di calore $Q = 6$ kcal. Determinare se l'espansione avvenuta è reversibile o irreversibile. [Risposta: irreversibile]