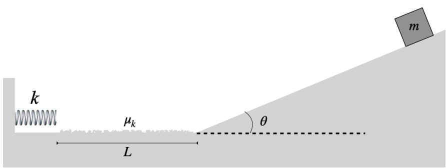
Università degli Studi di Bologna - Corso di Laurea in Ingegneria e Scienze Informatiche
Fisica - Appello del 8 Febbraio 2024 - Prof. L. Guiducci

Esercizi

Esercizio 1
Un'automobile si muove su una pista circolare piana di raggio $R = 50\ \mathrm{m}$. Partendo da ferma, si muove con accelerazione costante per $N = 3$ giri, fino a raggiungere la velocità $v_1 = 72.0\ \mathrm{km/h}$. Si trovi
1) l'accelerazione a dell'auto.
L'auto prosegue con velocità (scalare) v_1 costante. All'interno dell'auto, allo specchietto è appeso con una cordicella un pupazzetto. Si trovi:
2) l'inclinazione rispetto alla verticale della cordicella.
Ad un certo punto inizia a piovere e l'attrito tra la strada e gli pneumatici diminuisce. Si trovi:
3) il minimo coefficiente di attrito statico necessario tra strada e pneumatici affinché le ruote non slittino.

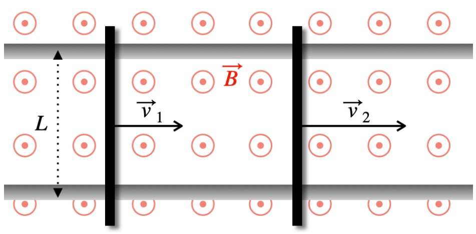
Esercizio 2
Un corpo di massa $m = 1.50\ \mathrm{kg}$ è lasciato scivolare verso il basso, partendo da fermo, su un piano privo di attrito inclinato di $\theta = 30^{\mathrm{o}}$ rispetto all'orizzontale. Il corpo poi giunge ad un tratto orizzontale, sempre privo di attrito, di lunghezza L e al termine del quale è rallentato comprimendo una molla, di costante elastica $k = 1230\ \mathrm{N/m}$, ancorata a un supporto fisso all'altra estremità. Si osserva che la molla raggiunge una compressione massima pari a $\Delta x = 10\ \mathrm{cm}$.



1) Quanta distanza *lungo il piano inclinato* ha percorso il corpo?
Successivamente, il tratto orizzontale è sostituito utilizzando un materiale che presenta un coefficiente di attrito dinamico $\mu_k = 0.100$. Si osserva che la molla ora raggiunge una compressione massima $\frac{3}{4}\Delta x$.
2) Qual è la lunghezza L del tratto orizzontale?
3) Qual è la massima lunghezza del tratto orizzontale oltre la quale il corpo non riesce a tornare indietro fino al piano inclinato, ma si ferma sul tratto orizzontale?

Esercizio 3 Due condensatori di capacità $C_1 = 10.0\ \mu\mathrm{F}$ e $C_2 = 20.0\ \mu\mathrm{F}$ sono collegati in serie. Il sistema viene caricato per mezzo di una differenza di potenziale $V_0 = 12.0\ \mathrm{V}$. Determinare:
1) la carica Q presente su ciascuno dei due condensatori;
2) la differenza di potenziale ai capi di ciascun condensatore (V_1, V_2).
Il generatore viene scollegato e i due condensatori, ancora carichi, sono posti in parallelo avendo cura di collegare insieme le armature aventi carica dello stesso segno. Determinare:
3) la nuova differenza di potenziale ai capi di ciascun condensatore V';
4) la nuova carica su ciascuno dei due condensatori (Q_1', Q_2').

Esercizio 4
Due barre conduttrici, ciascuna di resistenza R, appoggiano senza attrito su due binari orizzontali di resistenza trascurabile. La distanza tra i binari è $L = 40.0\ \mathrm{cm}$ e il sistema è immerso in un campo magnetico uniforme $B = 1.20\ \mathrm{T}$, perpendicolare ai binari ed alle barre, uscente dal foglio. Le barre si muovono con velocità di modulo $v_1 = 10.0\ \mathrm{m/s}$ e $v_2 = v_1/2$. Calcolare:



1) La resistenza di ciascuna barra, sapendo che nel circuito è indotta una corrente $I = 0.240\ \mathrm{A}$;
2) La forza che agisce su ciascuna barra;
3) La carica che ha percorso il circuito in un intervallo di tempo $\Delta t = 10.0\ \mathrm{s}$.

Università degli Studi di Bologna - Corso di Laurea in Ingegneria e Scienze Informatiche
Fisica - Appello del 8 Febbraio 2024 - Prof. L. Guiducci

Cognome: ____________________________ Nome:________________________ Matr.:___________________

Domande aperte. Si dia risposta, su foglio protocollo (1 facciata massimo), ad una tra le seguenti domande:

1) Si illustri la legge di Gauss, discutendone il significato e facendo un esempio di applicazione.

2) Si mostri come ricavare il periodo di oscillazione di un pendolo semplice.

3) Si introducano le due leggi di Kirchhoff, illustrandone poi il significato in termini delle proprietà del campo elettrico e della carica elettrica.

Quesiti a scelta multipla:

1) Quale di queste grandezze fisiche è un vettore:
(a) lavoro
(b) forza
(c) massa
(d) energia cinetica
(e) nessuna delle risposte precedenti

2) Quando uno sciatore scende lungo la pista in discesa, la forza normale esercitata sullo sciatore dal suolo è
(a) uguale al peso dello sciatore
(b) maggiore del peso dello sciatore
(c) minore del peso dello sciatore

3) Una palla viene lanciata verso l'alto. In che punto possiede maggiore energia? (si trascuri la resistenza dell'aria)
(a) nel punto più alto
(b) quando viene lanciata
(c) in tutti i punti possiede la stessa energia
(d) appena prima che tocchi il suolo
(e) quando la palla è a metà strada rispetto al punto più alto

4) Un filo porta una corrente lontano da voi. Come puntano le linee di forza del campo magnetico prodotto dal filo?
(a) parallelamente al filo, nel verso della corrente
(b) parallelamente al filo, nel verso opposto a quello della corrente
(c) verso il filo
(d) lontano dal filo
(e) compiono circonferenze in senso orario attorno al filo
(f) compiono circonferenze in senso antiorario attorno al filo

5) **Un protone e un elettrone sono posti a riposo a una certa distanza tra loro, poi sono lasciati liberi di muoversi. Dove si incontreranno?**
(a) a metà strada
(b) più vicino alla posizione iniziale dell'elettrone
(c) più vicino alla posizione iniziale del protone
(d) non si incontrano

6) Quale delle seguenti grandezze NON influisce sulla capacità di un condensatore a facce piane e parallele?
(a) l'area delle piastre
(b) la separazione delle piastre
(c) il materiale tra le piastre
(d) l'energia immagazzinata

7) Secondo la terza legge di Keplero, se conosciamo il rapporto R^3/T^2 per una delle lune di Giove, questo rapporto risulterà lo stesso per
(a) la Luna in orbita intorno alla Terra
(b) qualsiasi luna in orbita intorno a Giove
(c) l'orbita di Giove intorno al sole
(d) tutti e tre i precedenti casi
(e) nessuno dei casi precedenti

8) Una spira circolare si muove senza ruotare attraverso un campo magnetico uniforme e costante. La corrente indotta nella spira sarà
(a) in senso orario (b) in senso antiorario
(c) zero
(d) bisogna conoscere l'orientamento della spira rispetto al campo magnetico

Risposte ai quesiti a scelta multipla

1) L'unica grandezza tra quelle elencate che è dotata di direzione e verso è la forza. La risposta giusta è la (b).
2) Lo sciatore è soggetto solo alla forza peso e alla forza normale; la prima è sempre diretta verso il basso, la seconda è sempre perpendicolare alla pista. Quindi la forza normale sarà uguale e contraria alla componente della forza peso che è perpendicolare alla pista, che è ovviamente inferiore alla forza peso totale. La risposta giusta è quindi la (c).
3) Trascurando l'attrito, la palla è soggetta alla sola forza peso, che è conservativa. Quindi l'energia della palla è costante durante tutto il suo moto, avviene una trasformazione tra energia cinetica ed energia potenziale gravitazionale ma la loro somma è sempre la stessa, quindi la risposta giusta è la (c).
4) Il campo magnetico è formato da linee chiuse circolari; il verso è determinato dalla regola della mano destra, ad esempio ponendo il pollice nella direzione della corrente, il verso con cui le altre dita della mano destra si chiudono indica il verso del campo magnetico. Vedendo la corrente allontanarsi, le linee del campo hanno verso orario e la risposta giusta è la (e).
5) Tra protone ed elettrone è presente una forza elettrostatica attrattiva, quindi iniziano ad avvicinarsi a velocità crescente. Dato che la forza agente su ciascuno è identica in modulo, l'elettrone, che ha una massa molto minore, avrà un'accelerazione molto maggiore del protone. Quindi si incontreranno in prossimità della posizione iniziale del protone, come nella risposta (c).
6) $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$ quindi l'energia immagazzinata non determina la capacità, la risposta giusta è la (d).
7) La terza legge di Keplero riguarda corpi diversi in orbita intorno ad uno stesso oggetto, come nel caso dei pianeti e del sole. Quindi la risposta giusta è la (b).
8) Se non variano né l'area della spira, né l'intensità del campo magnetico, né l'angolo tra i due, non c'è mai variazione di flusso, e quindi non c'è forza elettromotrice indotta. La risposta giusta è quindi la (c).

Esercizio 1 Un'automobile si muove su una pista circolare piana di raggio $R = 50$ m. Partendo da ferma, si muove con accelerazione costante per $N = 3$ giri, fino a raggiungere la velocità $v_1 = 72.0$ km/h. Si trovi

1) l'accelerazione a dell'auto.

L'auto prosegue con velocità (scalare) v_1 costante. All'interno dell'auto, allo specchietto è appeso con una cordicella un pupazzetto. Si trovi:

2) l'inclinazione rispetto alla verticale della cordicella.

Ad un certo punto inizia a piovere e l'attrito tra la strada e gli pneumatici diminuisce. Si trovi:

3) il minimo coefficiente di attrito statico necessario tra strada e pneumatici affinché le ruote non slittino.

1) Convertiamo v_1 in m/s: $v_1 = 20.0$ m/s. Per il moto uniformemente accelerato, con partenza da ferma ($v_0 = 0$), possiamo usare la relazione che lega la velocità raggiunta allo spazio percorso:

$$v_1^2 = 2a\Delta S$$

Nel nostro caso, $\Delta S = N2\pi R$; ricaviamo quindi

$$a = \frac{v_1^2}{4\pi NR} \simeq 0.212 \text{ m/s}^2$$

2) Durante il moto a velocità costante v_1, è presente un'accelerazione centripeta

$$a_c = \frac{v_1^2}{R}$$

Sul pupazzetto agisce la forza peso, diretta verso il basso, e la tensione della cordicella, inclinata di un angolo θ rispetto alla verticale. Tale tensione T ha quindi una componente orizzontale $T\sin\theta$ e una componente verticale $T\cos\theta$. Detta m la massa del pupazzetto, la somma forze nelle due direzioni quindi risulta

$$\begin{cases} \sum F_y = T\cos\theta - mg = 0 \\ \sum F_x = T\sin\theta = ma_c \end{cases}$$

Dividendo tra loro le due espressioni, otteniamo

$$\tan\theta = \frac{a_c}{g} = \frac{v_1^2}{gR} \quad \Longrightarrow \quad \theta = \arctan\left(\frac{v_1^2}{gR}\right) \simeq 39.2^{\circ}$$

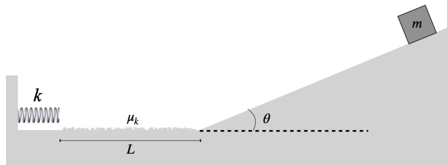
3) L'auto si mantiene sulla traiettoria circolare grazie alla forza centripeta prodotta dall'attrito statico delle ruote con la strada. Detta M la massa complessiva dell'automobile, tale forza di attrito ha un valore massimo

$$F_{s,max} = \mu_s N = \mu_s Mg$$

È quindi necessario che la forza centripeta effettivamente presente, pari a Ma_C, sia inferiore a tale valore. Quindi

$$Ma_c \leq \mu_s Mg \quad \Longrightarrow \quad \mu_s \geq \frac{a_c}{g} = \tan\theta = \frac{v_1^2}{gR} \simeq 0.815$$

Esercizio 2



Un corpo di massa $m = 1.50$ kg è lasciato scivolare verso il basso, partendo da fermo, su un piano privo di attrito inclinato di $\theta = 30^o$ rispetto all'orizzontale. Il corpo poi giunge ad un tratto orizzontale, sempre privo di attrito, di lunghezza L e al termine del quale è rallentato comprimendo una molla, di costante elastica $k = 1230$ N/m, ancorata a un supporto fisso all'altra estremità. Si osserva che la molla raggiunge una compressione massima pari a $\Delta x = 10$ cm.

1) Quanta distanza *lungo il piano inclinato* ha percorso il corpo?

Successivamente, il tratto orizzontale è sostituito utilizzando un materiale che presente un coefficiente di attrito dinamico $\mu_k = 0.100$. Si osserva che la molla ora raggiunge una compressione massima $\frac{3}{4}\Delta x$.

2) Qual è la lunghezza L del tratto orizzontale?

3) Qual è la massima lunghezza del tratto orizzontale oltre la quale il corpo non riesce a tornare indietro fino al piano inclinato, ma si ferma sul tratto orizzontale?

1) Detta h l'altezza iniziale del corpo rispetto al piano orizzontale, nel caso privo di attrito si ha la conservazione dell'energia che si può scrivere

$$E_i = U_i + 0 = mgh \qquad\qquad E_f = \frac{1}{2}k\Delta x^2 + 0$$

cioè saranno uguali l'energia potenziale gravitazionale iniziale e l'energia potenziale elastica massima, in quanto in entrambi gli istanti il corpo è fermo e quindi $K = 0$. Dunque

$$h = \frac{k\Delta x^2}{2mg}$$

La strada S percorsa *lungo* il piano è tale che $h = S\sin\theta$, quindi

$$S = \frac{k\Delta x^2}{2mg\sin\theta} \simeq 84 \text{ cm}$$

2) Ricordiamo che energia potenziale elastica massima nel caso senza attrito è pari all'energia inizialmente disponibile al corpo sotto forma di energia potenziale gravitazionale:

$$E_k = \frac{1}{2}k\Delta x^2$$

mentre nel caso con attrito l'energia potenziale elastica massima è

$$E'_k = \frac{1}{2}k\left(\frac{3}{4}\Delta x\right)^2 = \frac{9}{16}E_k$$

e la differenza tra queste due energie è pari al lavoro (negativo) fatto dall'attrito:

$$E'_k - E_k = -\frac{7}{16}E_k = -\frac{7}{32}k\Delta x^2; \quad \mathscr{L}_{att} = -\mu_k NL = -\mu_k mgL$$

e si ricava quindi

$$L = \frac{7k\Delta x^2}{32\mu_k mg} \simeq 1.83 \text{ m}$$

3) Quando tutta l'energia disponibile è consumata strisciando due volte sul tratto pianeggiante:

$$2\mu_k mgL' = \frac{1}{2}k\Delta x^2 \implies L' = \frac{k\Delta x^2}{4\mu_k mg} \simeq 2.09 \text{ m}$$

Esercizio 3 Due condensatori di capacità $C_1 = 10.0\ \mu$F e $C_2 = 20.0\ \mu$F sono collegati in serie. Il sistema viene caricato per mezzo di una differenza di potenziale $V_0 = 12.0$ V. Determinare:

1) la carica Q presente su ciascuno dei due condensatori;
2) la differenza di potenziale ai capi di ciascun condensatore (V_1, V_2).

Il generatore viene scollegato e i due condensatori, ancora carichi, sono posti in parallelo avendo cura di collegare insieme le armature aventi carica dello stesso segno. Determinare:

3) la nuova differenza di potenziale ai capi di ciascun condensatore V';
4) la nuova carica su ciascuno dei due condensatori (Q_1', Q_2').

1) I condensatori in serie hanno una capacità equivalente

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Soggetta ad una differenza di potenziale V_0, la carica del condensatore equivalente, che è pari anche alle cariche Q_1 e Q_2 su ciascun condensatore, vale

$$Q_1 = Q_2 = Q = C V_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} V_0 \simeq 80\ \mu\text{C}$$

2) La differenza di potenziale ai capi di ciascun condensatore è

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} V_0 \simeq 8.0 \text{ V} \qquad \text{e} \qquad V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_0 \simeq 4.0 \text{ V}$$

Si verifica che si ha, correttamente, $V_1 + V_2 = V_0$.

3) Una volta posti in parallelo, il condensatore equivalente ha una capacità $C' = C_1 + C_2$ e la carica presente è pari a $Q' = 2Q$. La differenza di potenziale ai capi dei due condensatori è quindi

$$V' = V_1' = V_2' = \frac{2Q}{C'} = \frac{2C_1 C_2}{\left(C_1 + C_2\right)^2} V_0 \simeq 5.33 \text{ V}$$

4) La carica presente su ciascun condensatore è tale da ottenere $V_1' = V_2' = V'$, quindi

$$Q_1' = C_1 V' = \frac{2C_1^2 C_2}{\left(C_1 + C_2\right)^2} V_0 \simeq 53.3\ \mu\text{C}$$

$$Q_2' = C_2 V' = \frac{2C_1 C_2^2}{\left(C_1 + C_2\right)^2} V_0 \simeq 107\ \mu\text{C}$$

Esercizio 4

Due barre conduttrici, ciascuna di resistenza R, appoggiano senza attrito su due binari orizzontali di resistenza trascurabile. La distanza tra i binari è $L = 40.0$ cm e il sistema è immerso in un campo magnetico uniforme $B = 1.20$ T, perpendicolare ai binari ed alle barre, uscente dal foglio. Le barre si muovono con velocità di modulo $v_1 = 10.0$ m/s e $v_2 = v_1/2$. Calcolare:

1) La resistenza di ciascuna barra, sapendo che nel circuito è indotta una corrente $I = 0.240$ A;
2) La forza che agisce su ciascuna barra;
3) La carica che ha percorso il circuito in un intervallo di tempo $\Delta t = 10.0$ s

1) L'area compresa nel circuito si può scrivere come

$$A = L(x_2 - x_1)$$

quindi la derivata rispetto al tempo del flusso del campo magnetico

$$\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = BL(v_2 - v_1)$$

pari alla forza elettromotrice indotta, ovvero la corrente circolante moltiplicata per la resistenza, pari a $2R$:

$$2RI = BL(v_2 - v_1) \implies R = \frac{BL}{2I}(v_2 - v_1) \simeq 5.0\ \Omega$$

2) Le dure barre sono percorse da corrente con stesso modulo e verso opposto, quindi le due forze avranno stesso modulo e verso opposto (frenare la barretta più veloce ed accelerare la barretta più lenta, per opporsi alla variazione del flusso), in direzione dei binari. Detto positivo il verso verso destra, avremo

$$F_1 = -IBL \simeq -115\ \text{mN}$$

$$F_2 = IBL \simeq 115\ \text{mN}$$

3) La carica che ha percorso il circuito è semplicemente

$$Q = I\Delta t \simeq 2.4\ \text{C}$$

position resolution from one SL: $\sigma(x) \simeq 150\ \mu\text{m}$
distance between two SLs: $d = 25\ \text{cm}$

$$\Longrightarrow \text{direction resolution } \sigma(\psi) \simeq 0.85\ \text{mrad}$$

direction resolution $\sigma(\psi) \simeq 0.85\ \text{mrad}$
magnetic field strength $B \simeq 1.75\ \text{T}$
magnetic field length $L \simeq 1.6\ \text{m}$

$$\Longrightarrow \quad \text{momentum resolution } \frac{\sigma(p)}{p} \simeq \left(1 \times 10^{-3}\right) p\ [\text{GeV}]$$

NB: $L \simeq 1.6$ m is iron. Multiple coulomb scattering amounts to $\left|\frac{\sigma(p)}{p}\right|_{mcs} \approx 16\,\%$

Uno slittino di massa m scivola con attrito trascurabile lungo il percorso indicato in figura: discesa di 45 gradi, una cunetta di raggio R seguita da un dosso di raggio R. Lo slittino parte da fermo da una altezza y_0 rispetto al fondo della prima cunetta.

1) Quanto vale il modulo della forza normale $\vec{N}_0$esercitata dalla pista sullo slittino nel tratto piano della discesa?
2) Quanto vale il modulo della forza normale $\vec{N}_1$ esercitata dalla pista sullo slittino nel fondo della cunetta?
3) Quanto vale il modulo della forza normale $\vec{N}_2$ esercitata dalla pista sullo slittino in cima al dosso?
4) Qual è l'altezza minima di partenza y_1 affinché lo slittino si stacchi dalla pista quando passa dalla cima del dosso?
5) Qual è l'altezza minima di partenza affinché lo slittino riesca a superare il dosso?

1) Diagramma delle forze: forza peso, forza normale. La componente perpendicolare alla pista della forza peso è uguale e opposta alla forza normale. Quindi

$$|\vec{N}_0| = mg\cos\theta$$

2) Ricaviamo la velocità v_1 dello slittino al fondo della cunetta utilizzando la conservazione dell'energia meccanica:

$$mgy_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad \Longrightarrow \qquad v_1 = \sqrt{2gy_0}$$

In quel punto lo slittino sta facendo un moto circolare di raggio R, con velocità v_1; è quindi presente un'accelerazione centripeta di modulo $a_{1c} = \frac{v_1^2}{R} = \frac{2gy_0}{R}$, diretta verso l'alto. Le forze agenti sono la forza peso verso il basso e la forza normale verso l'alto. Quindi abbiamo la seconda legge di Newton:

$$\sum F_y = N_1 - mg = ma_c = \frac{2mgy_0}{R}$$

dalla quale ricaviamo

$$N_1 = mg\left(1 + \frac{2y_0}{R}\right)$$

3) In cima al dosso, la velocità v_2 sarà ricavabile sempre con la conservazione dell'energia

$$mgy_0 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgR \qquad \Longrightarrow \qquad v_2 = \sqrt{2g\left(y_0 - R\right)}$$

In quel punto lo slittino sta compiendo un moto circolare di raggio R, con velocità v_2; ma l'accelerazione centripeta presente, di modulo $a_{2c} = \frac{v_2^2}{R} = \frac{2g\left(y_0 - R\right)}{R} = \left(a_{1c} - 2g\right)$ è ora diretta verso il basso. Questa volta la seconda legge di Newton diventa

$$\sum F_y = N_2 - mg = -\,ma_{2c} = -\frac{2mg\left(y_0 - R\right)}{R}$$

da cui ricaviamo

$$N_2 = mg - \frac{2mgy_0}{R} + 2mg = mg\left(3 - \frac{2y_0}{R}\right)$$

4) Staccarsi dal dosso equivale al fatto che la forza normale N_2 si annulla. Quindi è sufficiente porre $N_2 = 0$ e ricavare la corrispondente quota di partenza:

$$0 = mg\left(3 - \frac{2y_1}{R}\right) \quad \Longrightarrow \quad y_1 = \frac{3}{2}R$$