

FISICA PER IL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER LA SICUREZZA DEL LAVORO E DELL'AMBIENTE (2014/15)

Scopo del corso

1. Lo scopo principale è far sì che lo studente apprenda le leggi fondamentali della fisica classica.
2. Più in generale il corso vuole contribuire all'apprendimento da parte dello studente del metodo scientifico.
3. In particolare si vuole che lo studente impari ad analizzare, affrontare e risolvere in modo autonomo i problemi di fisica di base che verranno man mano proposti durante il corso.

Modalità d'esame

Gli appelli d'esame saranno tenuti durante i periodi di sospensione della didattica.

L'esame consisterà di una prova scritta, dove verrà richiesta la soluzione di esercizi e la risposta a quesiti. La prova scritta sarà divisa in due moduli, il primo modulo riguarderà la meccanica, il secondo modulo l'elettromagnetismo. Entrambi i moduli dovranno essere valutati almeno sufficienti per superare l'esame. La valutazione si baserà unicamente sulla prova scritta, salvo casi eccezionali (scritti molto vicini alla sufficienza, motivata richiesta da parte dello studente di sostenere la prova orale). I due moduli potranno essere superati nella medesima sessione d'esame o in sessioni differenti, sempre rimanendo all'interno degli appelli previsti per il presente anno di corso. Il voto finale sarà dato dalla media dei voti ottenuti nelle due prove.

Testi consigliati

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di Fisica. Meccanica, termologia, elettrologia, magnetismo, ottica* (CEA).

Argomenti delle lezioni

Lezione 1 - 3 ottobre 2014

Le grandezze fisiche. Grandezze scalari e grandezze vettoriali. Esempi. Grandezze fondamentali e grandezze derivate. Elenco delle grandezze fondamentali nel sistema internazionale.

Equazioni dimensionali.

Esempi: equazioni dimensionali di velocità, accelerazione, forza.

Esercizio: dire se le seguenti equazioni sono dimensionalmente corrette (F indica una forza, g l'accelerazione di gravità, m una massa, p una pressione, S una superficie e v una velocità): $F = mg + pS$, $pS = \frac{1}{2}mv^2$.

Esercizio: un corpo puntiforme di massa m viene appeso ad un filo di massa trascurabile in modo da formare un pendolo e sia T il periodo delle piccole oscillazioni del pendolo attorno alla posizione di equilibrio. Supponiamo che T dipenda da m , dalla lunghezza l del filo e dall'accelerazione g di gravità secondo una legge del tipo $T = km^x l^y g^z$, con k, x, y, z costanti adimensionali. Determinare x, y, z mediante un'analisi dimensionale (l'analisi dimensionale non basta per determinare k).

Calcolo vettoriale. Vettori. Coordinate di un vettore. Modulo di un vettore. Coseni direttori. Somma di due vettori. Moltiplicazione di un vettore per uno scalare. Versori. Vettori applicati. Prodotto scalare di due vettori. Angolo tra due vettori. Prodotto vettoriale di due vettori.

Esercizio: dati i vettori $\vec{v} = 3\hat{i} + 3\hat{j} - 3\hat{k}$ e $\vec{w} = 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$ e lo scalare $c = 3$, calcolare $|\vec{v}|$, $|\vec{w}|$, $c\vec{v}$, $c\vec{w}$, $\vec{v} + \vec{w}$, $\vec{v} \cdot \vec{w}$, $\vec{v} \times \vec{w}$.

Esercizio: dimostrare che, dato un vettore \vec{v} diverso dal vettore nullo, risulta che \vec{v}/v è un versore diretto come \vec{v} .

Esercizio: calcolare la somma dei tre vettori $\vec{v}_1 = \hat{i} + \hat{j}$, $\vec{v}_2 = -\hat{i} + \hat{k}$, $\vec{v}_3 = -\hat{j} - \hat{k}$.

Esercizio: calcolare l'angolo fra i vettori $\vec{v} = 3\hat{i} + 3\hat{j} - 3\hat{k}$ e $\vec{w} = 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$.

Esercizio: calcolare $\hat{i} \times (\hat{i} \times \hat{k})$ e $(\hat{i} \times \hat{i}) \times \hat{k}$.

Lezione 2 - 6 ottobre 2014

Cinematica di un punto materiale. Sistemi di riferimento. Traiettoria di un punto materiale. Parametrizzazione di una traiettoria: ascissa curvilinea.

Velocità scalare media. Velocità scalare istantanea. Velocità vettoriale media. Velocità vettoriale istantanea. Accelerazione scalare media. Accelerazione scalare istantanea. Accelerazione vettoriale media. Accelerazione vettoriale istantanea.

Moti rettilinei. Moto rettilineo uniforme. Moto rettilineo ununiformemente accelerato. Grafici spazio-tempo, velocità-tempo e accelerazione-tempo per un moto rettilineo uniforme e per un moto rettilineo uniformemente accelerato. Calcolo dello spazio percorso utilizzando il grafico velocità-tempo.

Esercizio: un'automobile in moto rettilineo con velocità $v_0 = 30$ km/h aumenta la sua velocità con accelerazione costante $a = 3$ m/s². Si calcoli lo spazio percorso quando la velocità raggiunge il valore di 84 km/h.

Esercizio: un oggetto parte da fermo al tempo $t_0 = 0$ e accelera con accelerazione a costante fino al tempo $t_1 = 10$ s; quindi comincia a muoversi di moto rettilineo uniforme con la velocità raggiunta al tempo t_1 . Sapendo che lo spazio percorso nell'intervallo di tempo tra t_0 e $t_2 = 20$ s è di 450 m calcolare l'accelerazione a .

Esercizio: Un'automobile partendo da ferma completa un giro di pista circolare di raggio $R = 200$ m in un tempo $\Delta t = 80$ s mantenendo un'accelerazione scalare costante durante la traiettoria. Calcolare la velocità scalare media, la velocità vettoriale media, l'accelerazione scalare media e l'accelerazione vettoriale media (le medie si intendono sul giro compiuto, cioè sull'intervallo di tempo Δt).

Lezione 3 - 10 ottobre 2014

Moti in un piano. Coordinate polari nel piano.

Moti circolari. Moto circolare uniforme. Periodo e frequenza di un moto circolare uniforme. Accelerazione centripeta: calcolo mediante coordinate cartesiane.

Cinematica dei moti relativi. Caso bidimensionale. Trasformazione delle velocità. Casi particolari: traslazione e rotazione di un sistema di riferimento rispetto ad un altro. Accelerazione di trascinamento. Accelerazione di Coriolis (cenni.)

Esercizio: al tempo $t_0 = 0$ un'automobile si mette in movimento sopra una pista circolare di raggio $R = 200$ m; fino a tempo $t_1 = 10$ s l'accelerazione scalare è costante e lo spazio percorso fino a quell'istante è pari a $\Delta s = 200$ m. Determinare l'accelerazione scalare e l'accelerazione vettoriale al tempo t_1 .

Esercizio: una barca percorre con motore a regime costante sia l'andata che il ritorno di un tratto di fiume di lunghezza $\Delta s = 1$ km, prima con la corrente a favore e poi controcorrente. Calcolare le velocità della barca e della corrente del fiume quando i tempi impiegati nei caso con corrente a favore e controcorrente sono rispettivamente $\Delta t_1 = 10$ min e $\Delta t_2 = 15$ min. Dimostrare poi che il tempo impiegato per il tragitto di andata e ritorno è minimo quando la velocità della corrente è nulla.

Esercizio: una pallina è incollata ad una piattaforma che ruota con velocità angolare costante attorno al suo centro, compiendo un giro completo in 1 s. La pallina si trova a distanza $r = 50$ cm dal centro della piattaforma. Calcolare l'accelerazione a cui è sottoposta la pallina.

Esercizio: una piattaforma ruota con velocità angolare costante ω attorno

al suo centro. Allistante $t_0 = 0$ una pallina viene lanciata, a partire dal centro, con velocità costante v_0 nella direzione e nel verso dell'asse delle x positive e si muove di moto rettilineo uniforme (trascuriamo cioè l'attrito che agisce sulla pallina). Determinare l'accelerazione di trascinamento e l'accelerazione di Coriolis.

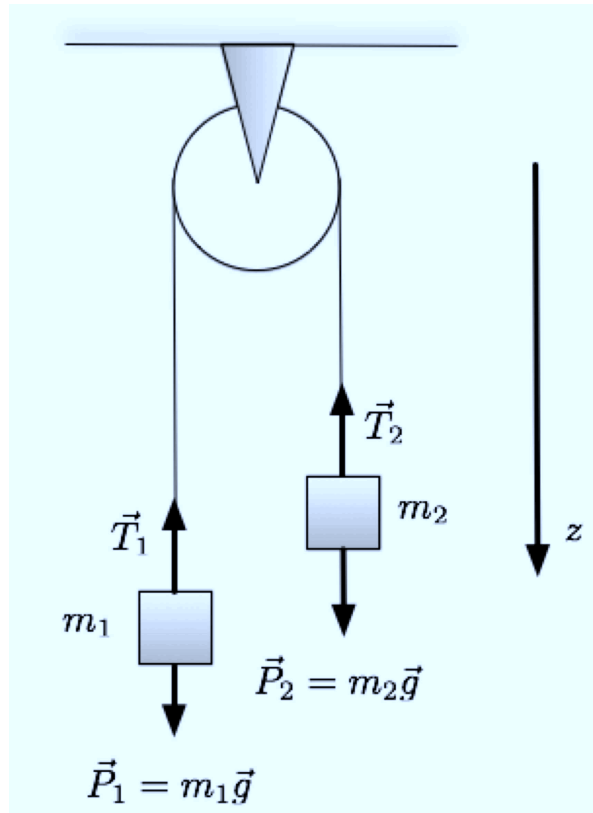
Lezione 4 - 13 ottobre 2014

Il principio d'inerzia. Sistemi inerziali. Principio galileiano di relatività. Argomenti che portarono Galileo a postulare il principio d'inerzia. La massa di un corpo. Le forze. Il secondo principio della dinamica. Forze apparenti. Il principio di azione e reazione.

La forza peso. Moto in presenza di attriti. Attrito statico. Attrito dinamico. Attrito viscoso: velocità limite.

Moto armonico unidimensionale. Forza elastica. Equazione del moto armonico.

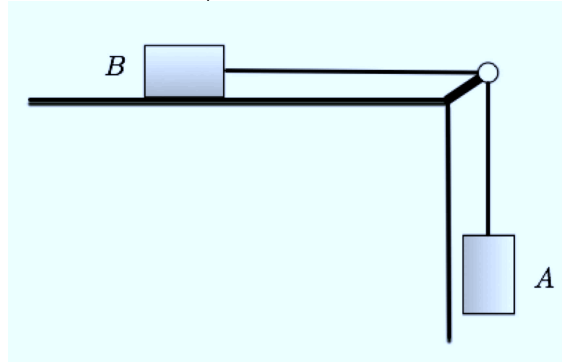
Esercizio: calcolare l'accelerazione con cui si muovono le due masse e la tensione del filo che le collega nella macchina di Atwood raffigurata sotto.



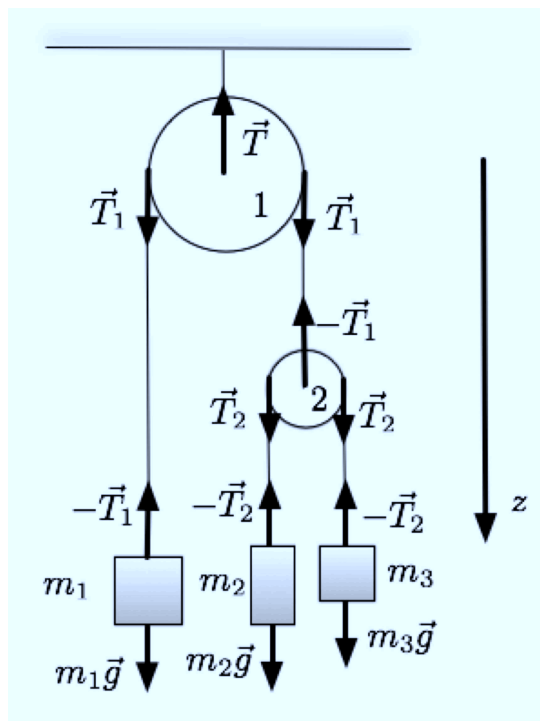
Esercizio: Studiare il moto di un corpo che viene posto sopra un piano inclinato sul quale può scivolare senza attrito.

Esercizio: Un corpo è appoggiato sopra un piano inclinato scabro. Se il coefficiente di attrito statico vale $\mu_s = 0.2$, quale è la massima inclinazione del piano inclinato oltre la quale il corpo si mette in movimento?

Esercizio: Un corpo A di massa $m_A = 5$ Kg e un corpo B di massa $m_B = 2$ Kg sono collegati, come mostrato nella figura sotto, da un filo inestensibile di massa trascurabile. Il coefficiente di attrito dinamico tra il corpo B e la superficie (orizzontale) di appoggio vale $\mu_d = 0.1$. Calcolare l'accelerazione dei due corpi e la tensione del filo (si trasuri la resistenza della carrucola e la si assuma di massa trascurabile).



Esercizio: Sia dato il sistema di carrucole e masse in figura. Assumendo le carrucole di massa trascurabile e le funi inestensibili e di massa trascurabile anch'esse, calcolare l'accelerazione delle masse e le tensioni delle funi.



Lezione 5 - 20 ottobre 2015

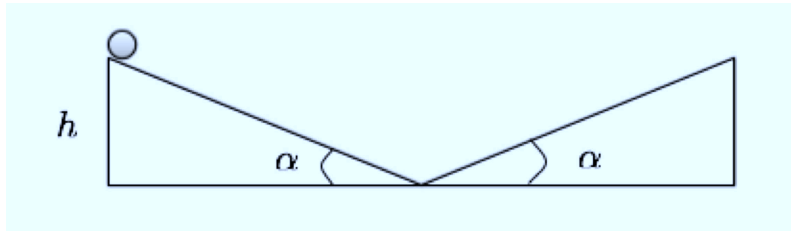
Il pendolo. Armonicità delle piccole oscillazioni di un pendolo. Isocronia di tali oscillazioni.

Le leggi di Keplero. La legge di gravitazione universale. La gravitazione universale terrestre. Variazione dell'accelerazione di gravità con la quota.

Forze apparenti. Moti relativi traslatori. Forza centrifuga. Forza di Coriolis (cenni).

Esercizio: Si considerino due piani inclinati come in figura. Se un punto materiale viene inizialmente posto su uno dei due piani ad un'altezza h , trascurando gli attriti compirà oscillazioni periodiche da un piano inclinato all'altro. Calcolare il periodo di tali oscillazioni.

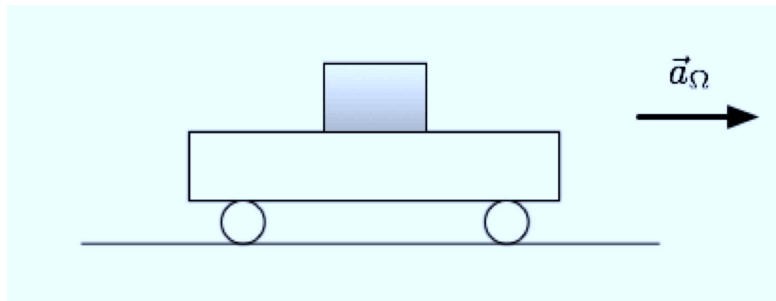
Esercizio: A bordo di un elicottero viene posto un pendolo di lunghezza l . Calcolare il periodo delle piccole oscillazioni del pendolo quando l'elicottero sale o scende con accelerazione a_Ω .



Esercizio: Quanto vale il periodo delle piccole oscillazioni di un pendolo posto in un ascensore in caduta libera? (Si trascurino gli attriti).

Esercizio: A che altezza bisogna porre in orbita un satellite affinché percorra un'orbita geostazionaria?

Esercizio: Una cassa viene posta su un carrello. Sapendo che l'attrito statico tra la cassa e il carrello è $\mu_s = 0.1$ e che il carrello viene messo in moto con accelerazione variabile nel tempo secondo la legge $a_\Omega = \beta t$, con $\beta = 0.2 \text{ m/s}^3$, calcolare dopo quanto tempo la cassa si mette in movimento rispetto al carrello.



Lezione 6 - 24 ottobre 2014

Definizione di lavoro. La potenza. Energia di un corpo. Energia cinetica. Energia potenziale gravitazionale. Energia potenziale elastica. Energia meccanica.

Teorema delle forze vive.

Forze conservative. Energia potenziale. Energia potenziale per la forza peso, per la forza gravitazionale e per la forza elastica. Relazione tra forza ed energia potenziale. Teorema di conservazione dell'energia meccanica.

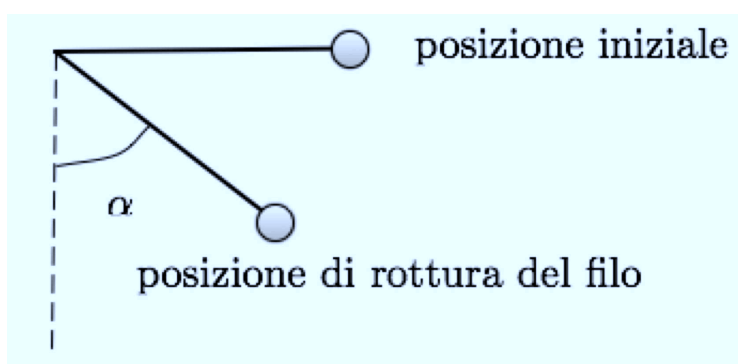
Principio di conservazione dell'energia.

Esercizio: Calcolare il lavoro compiuto dalla forza peso quando un punto materiale di massa m cade da una quota h fino a raggiungere il suolo a) in caduta libera e b) lungo un piano inclinato. Risolvere il problema in

due modi: (i) usando la definizione di lavoro, (ii) usando la conservazione dell'energia meccanica.

Esercizio: Calcolare la velocità finale di un corpo di massa $m = 100 \text{ Kg}$ che si muove per $t = 10 \text{ s}$ lungo una direzione rettilinea sotto l'azione di una forza motrice di potenza costante $W = 500 \text{ W}$, partendo da una velocità iniziale di 3 m/s .

Esercizio: Una pallina di massa m è appesa ad un filo che può reggere un peso doppio di quello della pallina. Si porta la pallina ad altezza del punto di sospensione del pendolo in modo che il filo risulti teso in direzione orizzontale (vedere figura). Determinare l'angolo α al quale il filo si spezza quando il sistema viene lasciato libero.



Lezione 7 - 27 ottobre 2014

Impulso. Quantità di moto. Conservazione della quantità di moto.

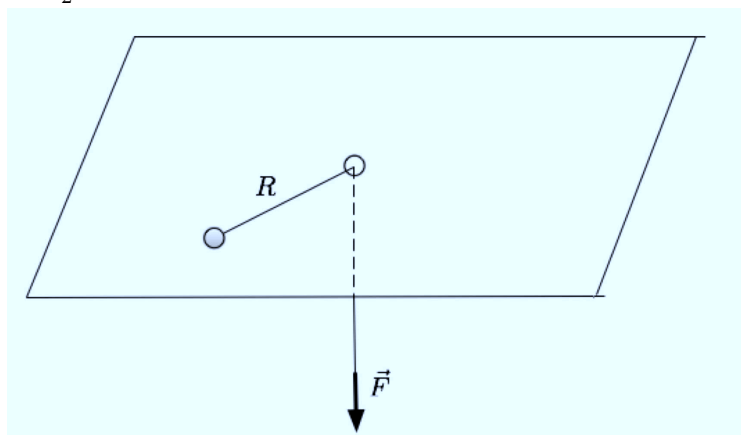
Momento angolare. Momento di una forza. Relazione tra momento angolare e momento delle forze agenti su un corpo. Conservazione del momento angolare. Conservazione del momento angolare nel caso della forza gravitazionale.

Sistemi di particelle. Forze interne ed esterne. Centro di massa. Prima equazione cardinale. Moto del centro di massa.

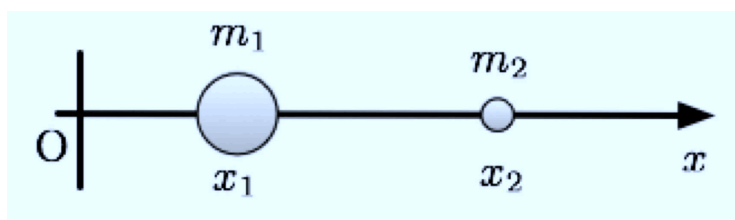
Esercizio: Una pallina di massa $m = 0.1 \text{ Kg}$ viene lasciata cadere da un'altezza $h_1 = 1 \text{ m}$. La pallina urta il pavimento e rimbalza salendo fino ad un'altezza $h_2 = 0.7 \text{ m}$. Calcolare la variazione di quantità di moto dovuta all'urto con il pavimento. (Si trascuri l'attrito dell'aria).

Esercizio: Un punto materiale di massa m ruota su di un piano orizzontale liscio descrivendo un'orbita circolare di raggio R_1 con velocità (scalare)

uniforme v_1 . Tirando un filo inestensibile collegato al punto materiale (vedere figura) diminuiamo il raggio della traiettoria fino al valore R_2 . Calcolare la velocità finale v_2 .



Esercizio: Calcolare la posizione del centro di massa del sistema di due particelle di massa m_1 e m_2 poste sull'asse x , con coordinate x_1 e x_2 . Discutere il caso particolare $m_1 = m_2$ e i casi limite $m_1 \gg m_2$ e $m_2 \gg m_1$.



Esercizio: Studiare il moto del centro di massa di un proiettile che viene lanciato con un angolo α rispetto alla verticale ed esplose in volo prima di ricadere al suolo.

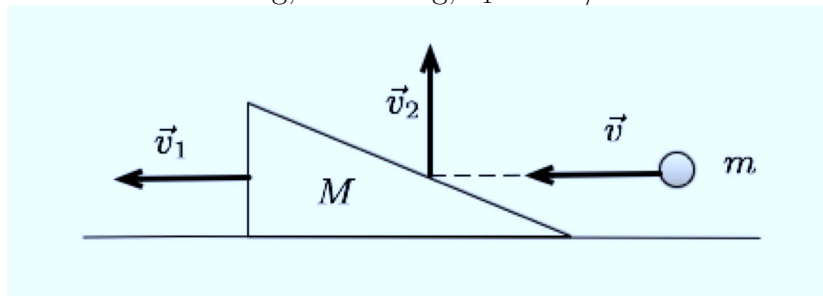
Esercizio: Ricavare l'equazione del moto di un pendolo usando la relazione $d\vec{L}/dt = \vec{M}$ tra momento angolare \vec{L} e momento delle forze \vec{M} .

Lezione 8 - 31 ottobre 2014

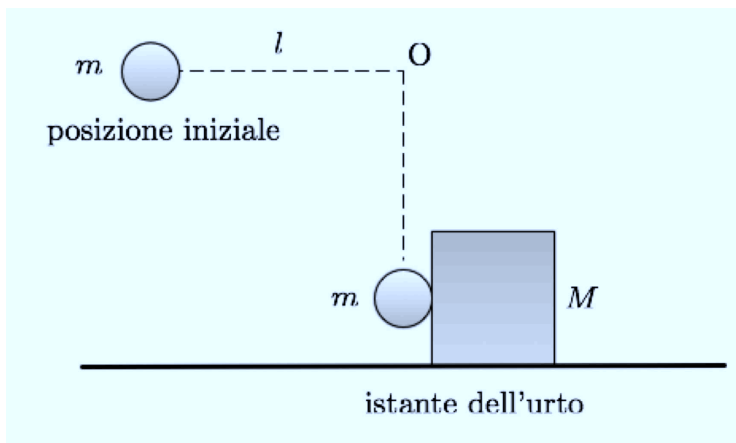
Momento di una coppia di forze. Momento di una coppia di forze interne. Seconda equazione cardinale.

Gli urti. Leggi di conservazione per l'urto elastico. Urto elastico unidimensionale. Urti anelastici. Urto unidimensionale perfettamente anelastico. Pendolo balistico.

Esercizio: Una pallina di massa m viene lanciata in direzione orizzontale contro un cuneo di massa M . Dopo l'urto, considerato elastico, la pallina rimbalza in direzione verticale e il cuneo scivola sul piano di appoggio con velocità v_1 . Trascurando gli attriti, calcolare a quale altezza sale la pallina dopo l'urto. Dati: $m = 20$ g, $M = 2$ Kg, $v_1 = 2$ cm/s.



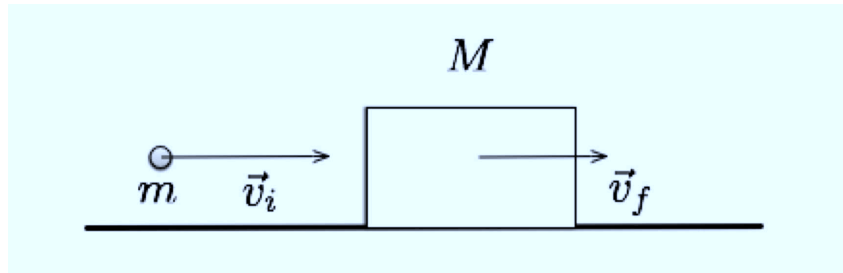
Esercizio: Una palla di acciaio di massa $m = 1$ Kg è collegata mediante un filo inestensibile, privo di massa e di lunghezza $l = 70$ cm ad un punto fisso O. La posizione del filo è inizialmente orizzontale. La palla viene quindi lasciata libera di cadere e urta un blocco di acciaio di massa $M = 3$ Kg inizialmente fermo e appoggiato su un piano orizzontale privo di attrito. Assumendo l'urto perfettamente elastico calcolare le velocità della palla e del blocco subito dopo l'urto.



Esercizio: Ripetere l'esercizio precedente nel caso in cui l'urto è perfettamente anelastico.

Esercizio: Un proiettile di massa $m = 5$ g viene sparato orizzontalmente contro un blocco di legno di massa $M = 3$ Kg fermo su una superficie orizzontale. Il proiettile si conficca nel blocco che prima di fermarsi percorre 2 m.

Assumendo che il coefficiente di attrito dinamico tra il blocco e la superficie sia $\mu_d = 0.2$, calcolare la velocità del blocco dopo l'urto e la velocità iniziale del proiettile.



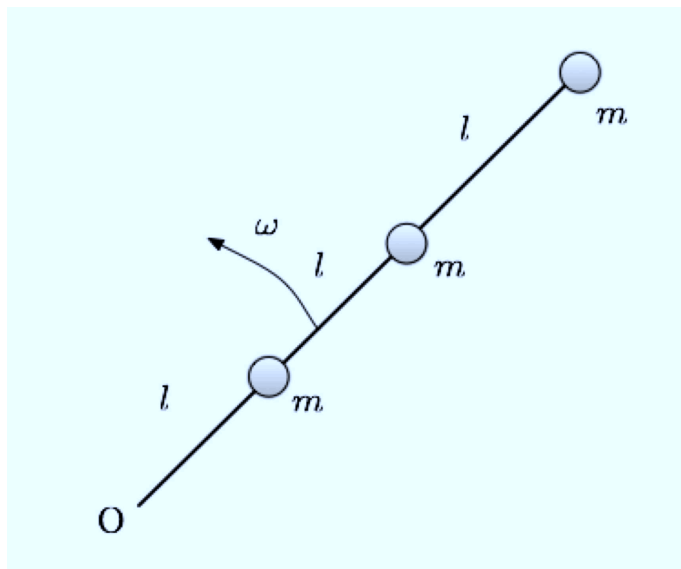
Lezione 9 - 3 novembre 2014

Il corpo rigido. Rotazione di un corpo rigido attorno ad un asse. Momento d'inerzia. Relazione tra momento d'inerzia, momento angolare ed energia cinetica. Teorema di Huygens-Steiner.

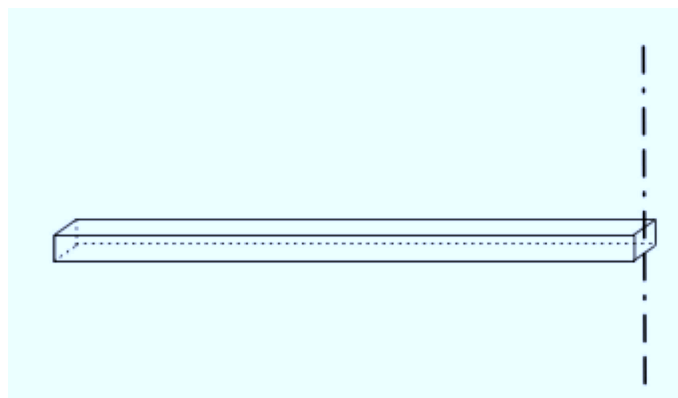
Moti rototraslatori di un corpo rigido. Il teorema di König. Dimostrazione del teorema di König. Moto di puro rotolamento.

Statica del corpo rigido. Condizioni di equilibrio di un corpo rigido: equazioni cardinali.

Esercizio: Tre particelle di massa m sono legate da tre fili inestensibili di massa trascurabile e lunghezza l e ruotano con velocità angolare ω attorno all'asse perpendicolare al foglio del disegno (si veda sotto) e con verso uscente. Calcolare il momento d'inerzia, il momento angolare rispetto all'asse di rotazione e l'energia cinetica del sistema.

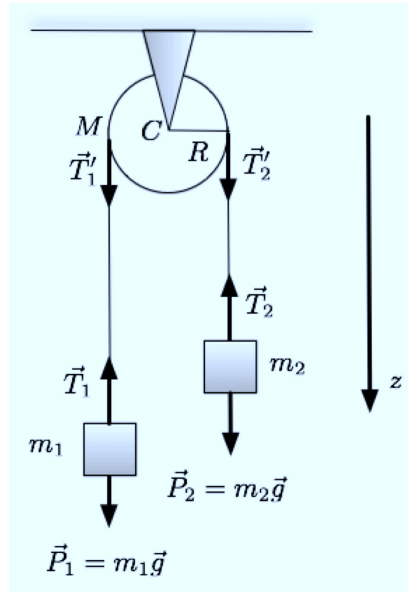


Esercizio: Calcolare il momento d'inerzia di un'asta omogenea di massa M e lunghezza l rispetto all'asse disegnato in figura.



Esercizio: Un cilindro omogeneo ed un cilindro cavo rotolano senza strisciare lungo due piani inclinati, partendo dalla quota h con velocità nulla. Quale cilindro arriva prima al suolo?

Esercizio: Studiare il moto della macchina di Atwood considerando una carrucola omogenea cilindrica di raggio R e massa M .



Lezione 10 - 10 novembre 2014

I fluidi. I fluidi perfetti. La pressione. Variazione della pressione in un fluido: la legge di Stevino. Statica dei fluidi. Legge di Pascal. Torchi idraulico.

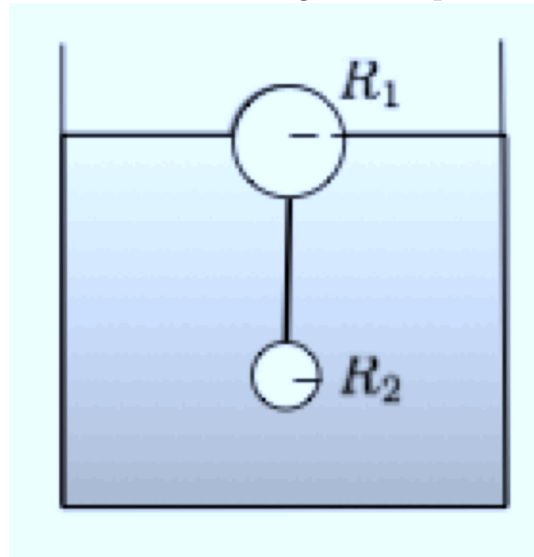
Spinta di Archimede. Il barometro di Torricelli.

Dinamica dei fluidi. Linee di flusso. Tubo di flusso. Equazione di continuità. Legge di Leonardo. Teorema di Bernoulli. Dimostrazione del teorema di Bernoulli.

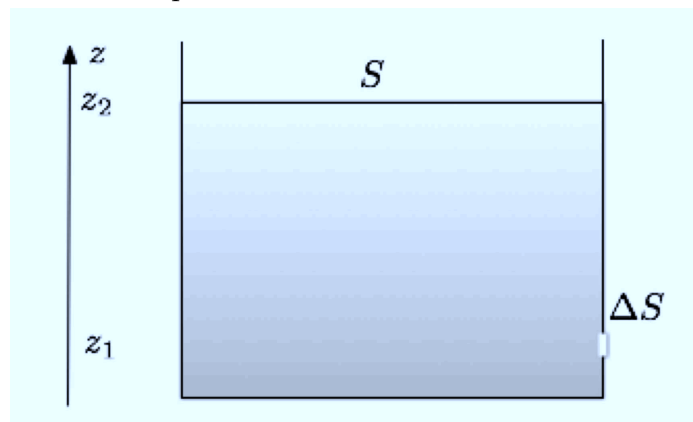
Esercizio: Sapendo che la densità dell'acqua di mare è $\rho_a = 1.03 \text{ g/cm}^3$ e la densità del ghiaccio $\rho_g = 0.92 \text{ g/cm}^3$, dire quale frazione del volume totale di un iceberg emerge dall'acqua.

Esercizio: Un uomo di massa $m = 70 \text{ Kg}$ sale sopra una lastra di ghiaccio che galleggia sopra l'acqua di un lago. Calcolare quale deve essere la massa minima del ghiaccio affinché la persona non si bagni.

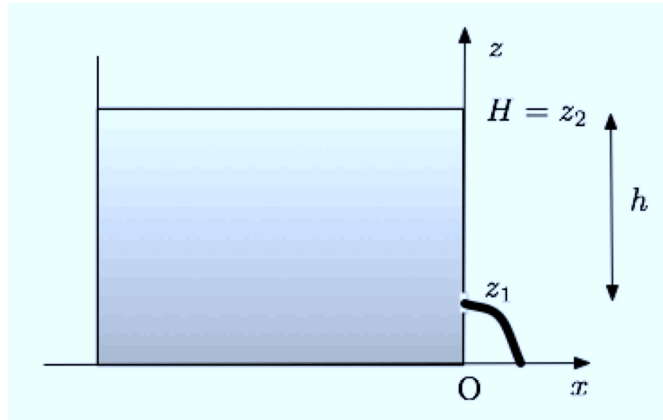
Esercizio: Una sfera cava di raggio $R_1 = 50$ cm e massa $M_1 = 1$ Kg, parzialmente immersa nell'acqua, sostiene mediante un filo un corpo sferico di raggio $R_2 = 5$ cm e massa $M_2 = 2$ Kg. Calcolare la tensione T del filo il volume V della parte di sfera che emerge dall'acqua.



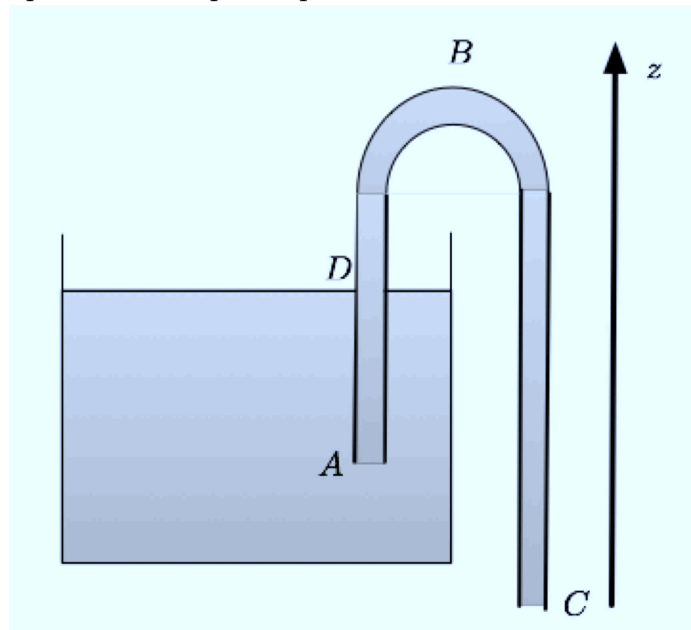
Esercizio: Calcolare la velocità con cui fuoriesce un liquido da un piccolo foro praticato in un recipiente.



Esercizio: Riferendosi al problema precedente, detta $H = z_2$ l'altezza del recipiente, quanto vale la gittata g del getto d'acqua uscente in funzione di h ? Per quale h è massima?



Esercizio: Il sifone disegnato nella figura sotto permette di rimuovere liquido dal recipiente senza rovesciare quest'ultimo (il tubo ad U deve essere inizialmente pieno di liquido). Con quale velocità il liquido esce dal tubo in C? Qual è la pressione nel punto più alto B?



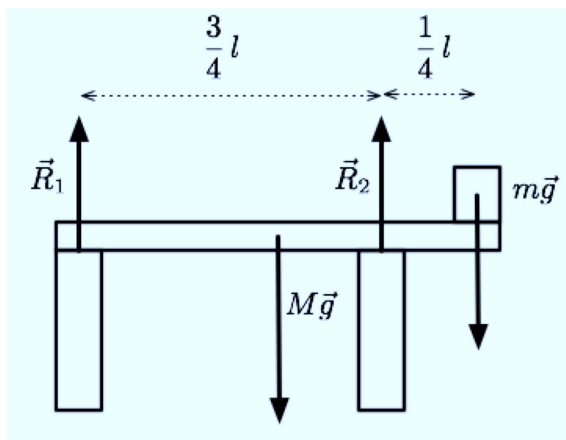
Lezione 11 - 14 novembre 2014

La carica elettrica. Forza di Coulomb. Analogie e differenze con la forza gravitazionale.

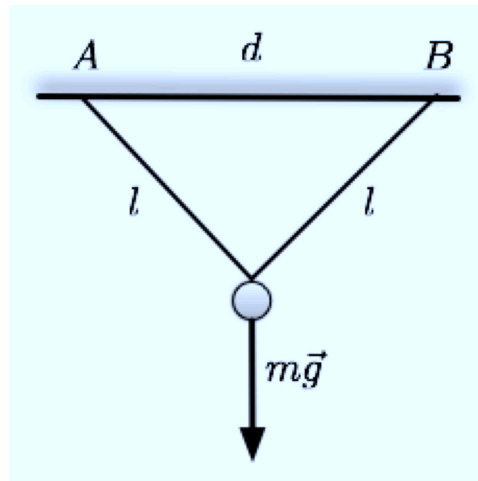
Isolanti e conduttori. Elettrizzazione di un corpo. Induzione elettrostatica.

Il campo elettrico. Campo elettrico generato da una carica puntiforme. Principio di sovrapposizione. Analogie e differenze tra il campo elettrico e il campo gravitazionale.

Esercizio: Un corpo di massa m si trova nella posizione estrema di una trave di lunghezza l e massa M (si veda la figura sotto). Dire come la reazione vincolare si ripartisce fra i due pilastri e quale è il massimo rapporto m/M tale che la trave non si sollevi.



Esercizio: Un punto materiale di massa m è sostenuto da due fili di uguale lunghezza l . Calcolare la tensione dei fili al variare della distanza d tra i punti A e B in cui i fili sono fissati ad un sostegno orizzontale fisso.



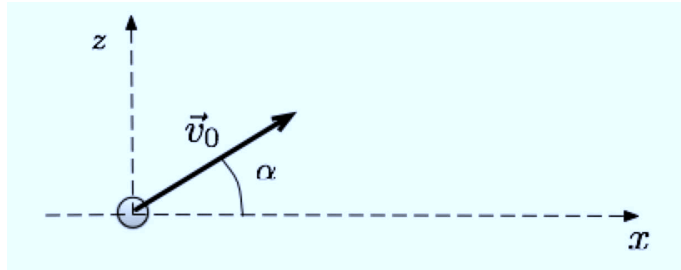
Esercizio: Un razzo viene lanciato verticalmente dalla Terra e sale con accelerazione $a = 20 \text{ m/s}^2$. Dopo 100 s il combustibile si esaurisce e il razzo continua a salire fino ad un'altezza massima h .

- Determinare il valore di h .
- Calcolare il tempo totale di volo dall'istante del lancio fino alla ricaduta del razzo sulla Terra.

(Si trascuri sia l'attrito dell'aria che la variazione di massa del razzo dovuta all'esaurimento del combustibile.)

Esercizio: Una pallina viene lanciata con velocità iniziale di modulo $v_0 = 6 \text{ m/s}$, in una direzione che forma un angolo α rispetto all'asse x orizzontale (si veda il disegno; z è l'asse verticale). Trascurando l'attrito dell'aria calcolare:

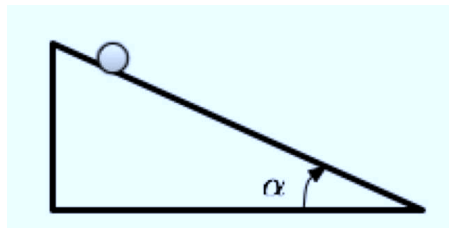
- il tempo di volo, cioè il tempo che intercorre tra l'istante di lancio e l'istante di ritorno della pallina sul suolo (considerare $\alpha = \pi/4$);
- il valore di α per cui la gittata è massima. (La gittata è definita come la distanza dalla posizione iniziale di lancio della pallina a quella in cui la pallina torna al suolo.)



Esercizio: Due oggetti cadono liberamente (trascuriamo cioè l'attrito dell'aria) da fermi l'uno dopo l'altro dalla stessa altezza, distanziati di 1 s. Quanto tempo dopo la partenza i due oggetti si trovano alla distanza di 10 m l'uno dall'altro?

Esercizio: Una particella è ferma su un piano orizzontale scabro. Il piano viene lentamente inclinato fino a che la particella si mette in moto, dopo di che la sua inclinazione non viene più variata. Se i coefficienti di attrito statico e dinamico sono $\mu_s = 1/\sqrt{3}$ e $\mu_d = 0.6\mu_s$, calcolare

- a quale angolo di inclinazione α la particella si mette in moto,
- la velocità della particella dopo che questa ha viaggiato per un tratto $l = 3 \text{ m}$.



Lezione 12 - 17 novembre 2014

Flusso di un vettore attraverso una superficie. Significato fisico del flusso di un vettore (esempio dalla fluidodinamica).

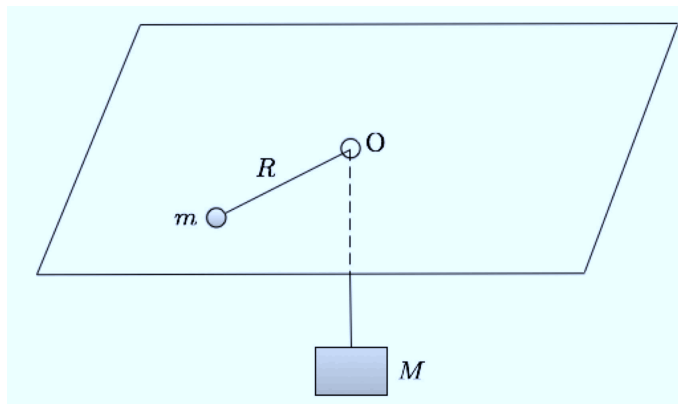
Il teorema di Gauss. Dimostrazione del teorema di Gauss: carica puntiforme, caso generale.

Applicazioni del teorema di Gauss: carica puntiforme, distribuzione lineare di carica, distribuzione piana di carica.

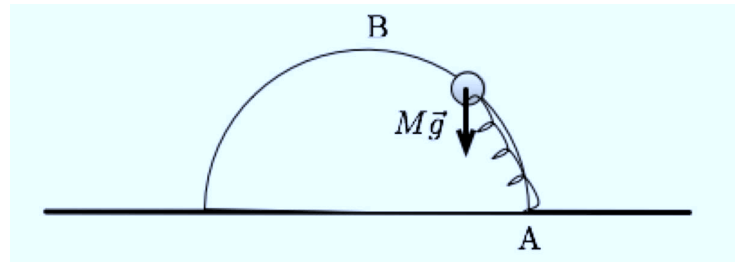
Esercizio: Un punto materiale di massa $m = 1$ Kg ruota su di un piano orizzontale liscio descrivendo un'orbita circolare di raggio $R = 50$ cm e centro O , con modulo v della velocità uniforme. Il punto materiale è collegato mediante una fune inestensibile ad un corpo di massa $M = 3$ Kg vincolato a muoversi verticalmente (si veda la figura sotto). Si trascurino le forze di attrito.

(i) Dire quale valore deve assumere la velocità v affinché la massa M rimanga ferma.

(ii) Calcolare in questo caso la tensione della fune.

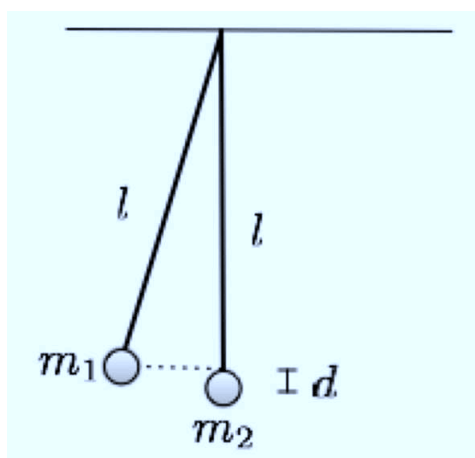


Esercizio: Un corpo di massa $M = 10 \text{ Kg}$ è vincolato a muoversi su una guida semicircolare liscia di raggio $R = 2 \text{ m}$ che giace in un piano verticale ed è attaccato ad una molla di costante elastica $k = 100 \text{ N/m}$ come indicato in figura (la molla assume la sua posizione di riposo quando il corpo si trova nel punto A). Calcolare il lavoro che occorre compiere per portare il corpo dalla posizione A alla sommità della guida (punto B).

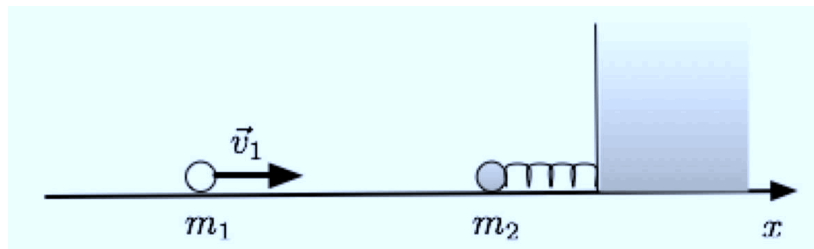


Esercizio: Un proiettile è sparato verticalmente dalla superficie terrestre con una velocità iniziale di 2000 m/s . Trascurando la resistenza dell'aria, a che altezza arriverebbe? (Si tenga conto della variazione della forza di attrazione gravitazionale esercitata dalla Terra sul proiettile al variare della quota del proiettile. Raggio della Terra $R = 6400 \text{ Km}$, massa della Terra $M = 5.98 \times 10^{24} \text{ Kg}$, costante di gravitazione universale $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$).

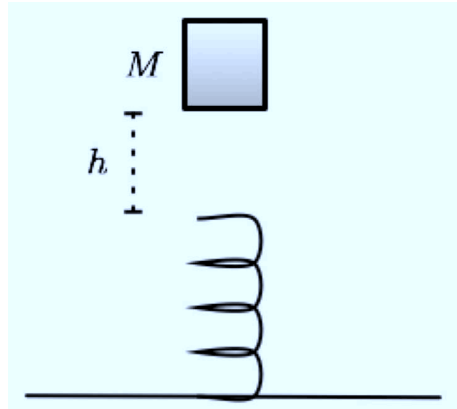
Esercizio: Due pendoli di lunghezza l e masse $m_1 = 100$ g, $m_2 = 50$ g, sono inizialmente fermi nelle posizioni indicate in figura ($d = 10$ cm). Il primo pendolo viene lasciato libero e colpisce il secondo. Considerando l'urto perfettamente anelastico e trascurando la massa dei fili e l'attrito dell'aria, calcolare l'altezza massima raggiunta dal centro di massa del sistema dopo l'urto. È tale altezza maggiore o minore dell'altezza iniziale del centro di massa (al momento cioè in cui viene lasciato libero il primo pendolo)?



Esercizio: Una pallina di massa $m_1 = 900$ g si muove lungo l'asse (orizzontale) x con velocità $v_1 = 1$ m/s e urta una seconda pallina, di massa $m_2 = 300$ g, vincolata anch'essa a muoversi lungo l'asse x e collegata ad una molla di costante elastica $k = 2$ N/m. Supponendo che l'urto sia perfettamente anelastico e che la molla sia inizialmente a riposo, determinare la massima compressione della molla.



Esercizio: Un blocco di massa $M = 3 \text{ Kg}$ viene lasciato cadere da un'altezza $h = 30 \text{ cm}$ su una molla, inizialmente a riposo, di costante elastica $k = 100 \text{ N/m}$. Calcolare la massima compressione della molla (trascurare gli attriti).



Lezione 13 - 21 novembre 2014

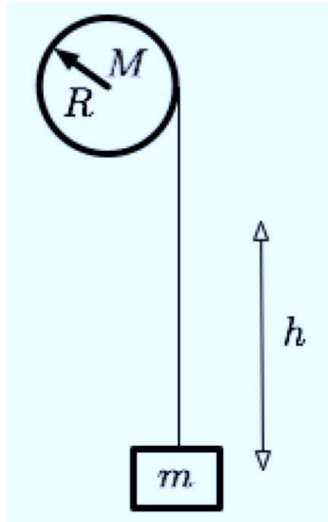
Lavoro del campo elettrostatico. Energia potenziale elettrostatica. Il potenziale elettrostatico. Campo elettrico e potenziale elettrostatico. Superfici equipotenziali.

Circuitazione del campo elettrostatico.

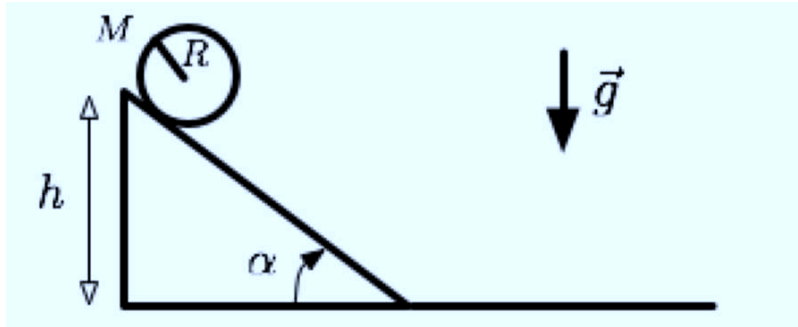
Il campo elettrostatico all'interno di un conduttore. Il campo elettrostatico alla superficie di un conduttore. Il teorema di Coulomb.

Esercizio: calcolare il campo elettrico e il potenziale elettrostatico di un conduttore sferico.

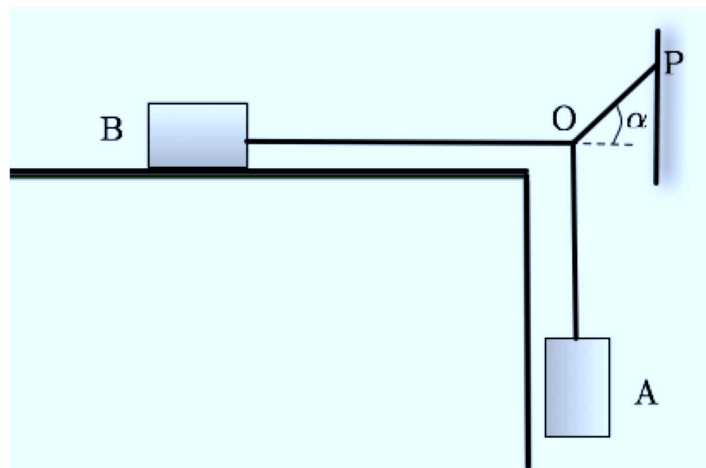
Esercizio: Un cilindro omogeneo pieno, di raggio $R = 50$ cm e massa $M = 10$ Kg, reca avvolta in periferia una corda inestensibile e di massa trascurabile, al cui estremo è appesa una massa $m = 5$ Kg. Il cilindro viene fatto ruotare in senso antiorario attorno al suo asse e quando raggiunge la velocità angolare $\omega = 20$ rad/s la massa m è stata sollevata di un tratto $h = 10$ m. Calcolare, trascurando gli attriti, l'energia spesa dal motore che pone in rotazione il cilindro (si intende l'energia totale spesa facendo partire le due masse da ferme e fino all'istante in cui la massa m viene sollevata del tratto h).



Esercizio: Calcolare l'accelerazione del baricentro di una sfera omogenea che scende rotolando senza strisciare lungo un piano inclinato di angolo $\alpha = \frac{\pi}{4}$ (si ricordi che per una sfera omogenea di massa M e raggio R il momento d'inerzia rispetto ad un asse passante per il suo centro di massa vale $I = \frac{2}{5} MR^2$).



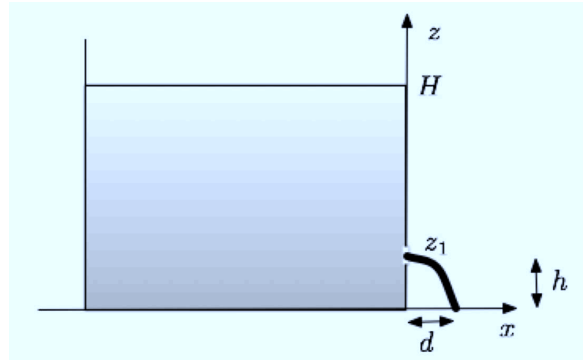
Esercizio: Un blocco B di massa $m_B = 16 \text{ Kg}$ è appoggiato sopra un piano orizzontale. Il coefficiente di attrito statico tra il blocco B e il piano è $\mu_s = 0.25$. Dato il sistema di funi inestensibili disegnato in figura (con $\alpha = \frac{\pi}{4}$ e P punto dove una delle funi è attaccata al muro), determinare la massima massa m_A del blocco A per la quale il sistema rimane in equilibrio.



Esercizio: Un fluido idealmente perfetto fluisce in un tubo orizzontale di raggio $R_1 = 2 \text{ cm}$ e quindi piega verso l'alto, salendo di una quota $h = 10 \text{ m}$, dove il tubo si allarga e si congiunge con un altro tubo orizzontale di raggio

$R_2 = 6$ cm. Quanto vale la portata se i due tratti orizzontali sono alla stessa pressione?

Esercizio: Una cisterna, riempita d'acqua fino ad un'altezza $H = 10$ m, presenta un piccolo foro, ad un'altezza $h = 3$ m. Trovare la distanza d tra il piede della cisterna e il punto dove l'acqua colpisce il suolo. A quale altezza dovrebbe essere praticato un foro per avere la gittata massima?

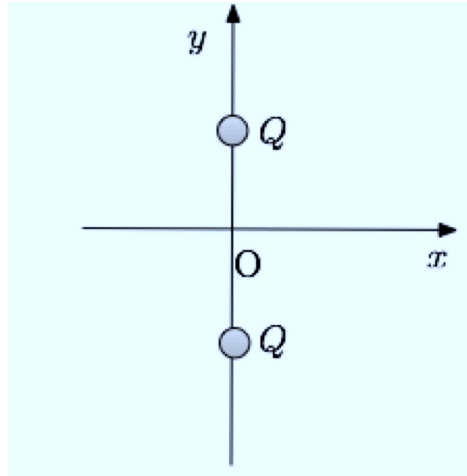


Lezione 14 - 28 novembre 2014

La capacità elettrica. Capacità di un conduttore sferico. I condensatori. Il condensatore piano. Capacità di un condensatore piano. Energia immagazzinata in un condensatore. Densità energia elettrostatica. Condensatori sferici. Capacità di un condensatore sferico. Condensatori e dielettrici. Condensatori in parallelo. Condensatori in serie. Energia di un sistema di cariche.

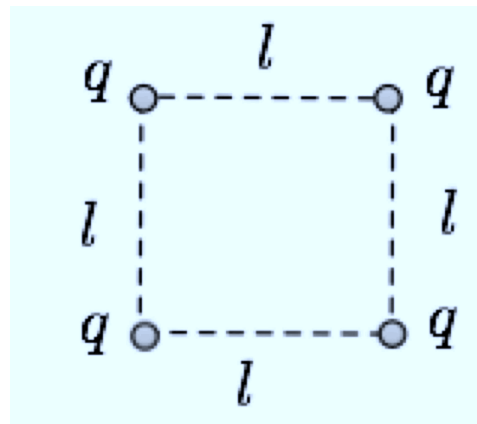
Soluzione prova scritta del 24 novembre 2014

Esercizio: calcolare il campo elettrico generato lungo l'asse x da due cariche $Q_1 = Q_2 = Q$ situate nel piano xy nei punti $P1 = (0, -a)$ e $P2 = (0, a)$.



Esercizio: quanto vale la capacità della Terra, considerata come una sfera conduttrice di raggio $R = 6.4 \times 10^3$ Km? E quale valore assumerebbe il potenziale elettrostatico della Terra (assumendo uguale a zero il valore del potenziale elettrostatico all'infinito) se una carica $Q = 1$ C venisse distribuita uniformemente sulla superficie terrestre?

Esercizio: calcolare l'energia elettrostatica di un sistema di quattro cariche, $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q = 1.6 \times 10^{-19}$ C, poste ai vertici di un quadrato di lato $l = 10^{-10}$ m.



Esercizio: calcolare l'energia elettrostatica di una sfera conduttrice di raggio R e carica Q .

Esercizio: una sfera metallica di raggio $R_1 = 1$ m e carica $Q = 10^{-9}$ C viene collegata mediante un filo conduttore ad una sfera, sufficientemente lontana dalla prima da trascurare i fenomeni di induzione elettrostatica, di raggio $R_2 = 0.2$ m e inizialmente scarica. Calcolare l'energia elettrostatica del sistema prima e dopo il collegamento.

Lezione 15 - 1 dicembre 2014

La corrente elettrica. Conservazione della carica elettrica. Continuità della corrente elettrica.

Le leggi di Ohm. Resistenze in serie. Resistenze in parallelo.

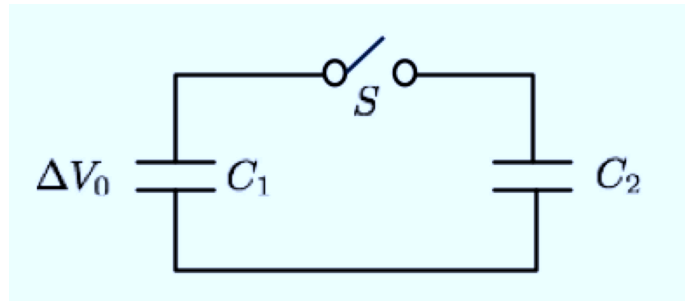
L'effetto Joule. Effetto Joule per conduttori ohmici.

La forza elettromotrice. Il campo elettromotore.

Prima legge di Kirchhoff (legge dei nodi). Seconda legge di Kirchhoff (legge delle maglie). Legge delle maglie e legge di Ohm generalizzata.

Esercizio: un condensatore di capacità $C_1 = 25 \mu\text{F}$ viene caricato ad una differenza di potenziale $\Delta V_0 = 50$ V. Il condensatore è quindi collegato, chiudendo un interruttore S (si veda la figura sotto) ad un altro condensatore di capacità $C_2 = 100 \mu\text{F}$, inizialmente scarico.

- Calcolare la differenza di potenziale finale per la combinazione di condensatori in figura.
- Calcolare l'energia elettrostatica immagazzinata dai condensatori prima e dopo la chiusura dell'interruttore.



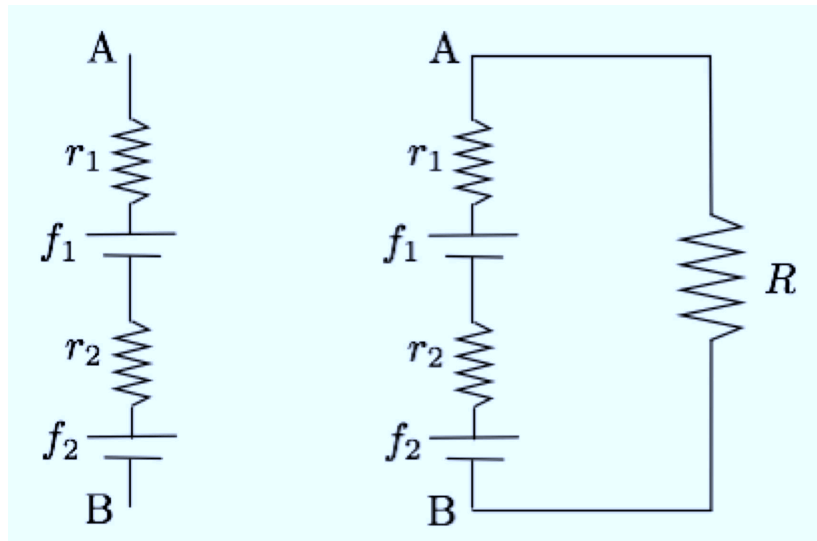
Esercizio: ai capi di un filo conduttore di lunghezza l , sezione costante $S = 1 \text{ mm}^2$, resistività $\rho = 1.8 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$, viene applicata una differenza di potenziale $\Delta V = 10$ V. In un tempo $\Delta t = 10$ s attraverso una sezione del filo passa una carica $Q = 0.1$ C. Calcolare:

- l'intensità i della corrente;

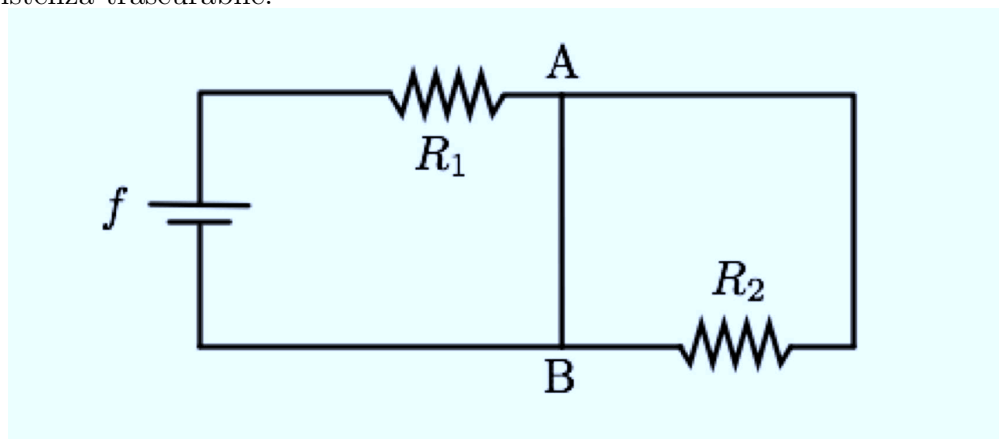
- b) la lunghezza l del filo;
- c) il modulo del campo elettrico medio E esistente all'interno del conduttore.

Esercizio: due batterie di f.e.m. $f_1 = 50$ V e $f_2 = 100$ V, aventi resistenze interne $r_1 = 10$ Ω e $r_2 = 40$ Ω , sono collegate in serie come nella figura sotto a sinistra.

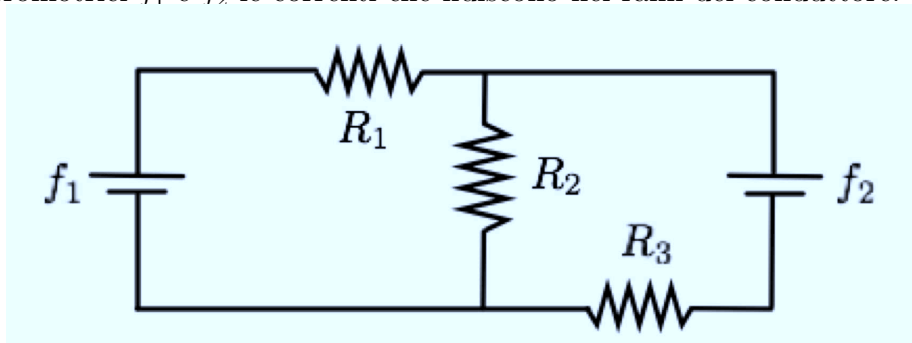
- a) Calcolare la differenza di potenziale $V(A) - V(B)$ a circuito aperto.
- Considerare ora il caso (figura di destra) in cui una resistenza R è collegata ad A e B. Calcolare per quali valori di R sono massime
- b) l'intensità della corrente i che fluisce nel circuito;
 - c) la d.d.p. $V(A) - V(B)$;
 - d) la potenza w_{ext} dissipata in R .



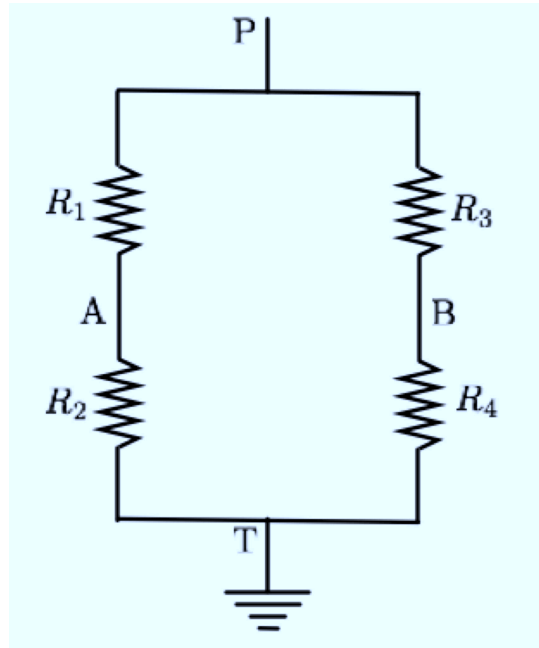
Esercizio: calcolare in funzione delle resistenze R_1 e R_2 e della forza elettromotrice f la corrente i che fluisce nel tratto AB di circuito, avente resistenza trascurabile.



Esercizio: calcolare in funzione delle resistenze R_1 , R_2 , R_3 e delle forze elettromotrici f_1 e f_2 le correnti che fluiscono nei rami del conduttore.



Esercizio: calcolare $V(A) - V(B)$ per il circuito in figura, con $V(P) = 36$ V, $V(T) = 0$ (T viene messo a terra), $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$, $R_4 = 6 \Omega$.



Lezione 16 - 5 dicembre 2014

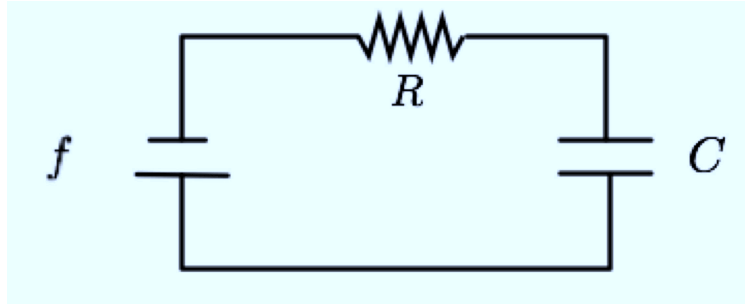
Correnti elettriche transienti. Circuito RC. Carica del condensatore. Scarica del condensatore. Considerazioni energetiche per un circuito RC.

La magnetostatica. Il campo magnetico. La forza di Lorentz. Moto di una carica in un campo magnetico.

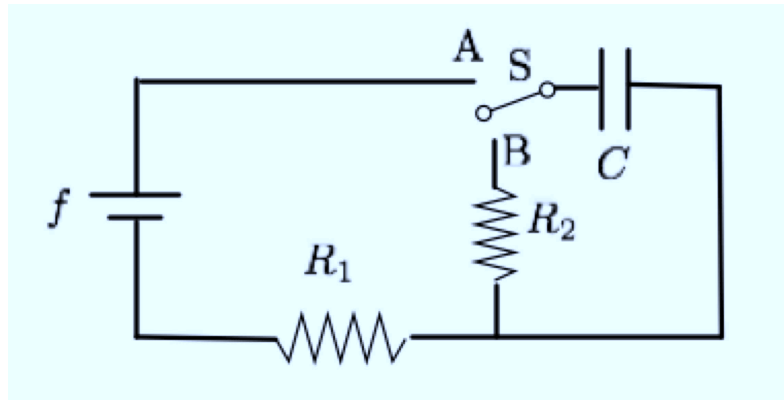
Azioni magnetiche su una corrente. Conduttore in un campo magnetico. Legge di Laplace. Il motore lineare.

Esercizio: un condensatore di capacità $C = 1 \mu\text{F}$ viene caricato con una pila che fornisce una differenza di potenziale $f = 12$ V. La resistenza del circuito che collega la pila al condensatore è $R = 10 \Omega$. Determinare:

- (i) l'energia elettrostatica immagazzinata nel condensatore;
- (ii) l'energia dissipata per effetto Joule;
- (iii) a quale tempo la carica del condensatore raggiunge il 95 % del suo valore finale.



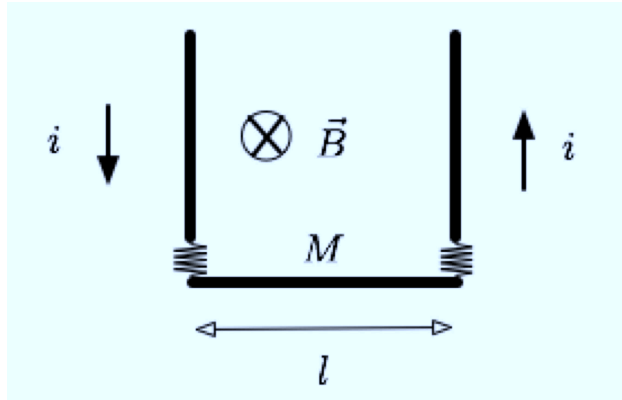
Esercizio: nel circuito in figura il commutatore S viene spostato da A a B all'istante $t_0 = 0$ quando il condensatore è carico. Scrivere l'espressione della corrente su R_2 in funzione del tempo e calcolarla al tempo $t_1 = 2$ ms, per $R_2 = 20 \Omega$, $f = 10$ V, $C = 50 \mu\text{F}$.



Esercizio: un elettrone (carica $q = -1.6 \times 10^{-19}$ C, massa $m = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg) si muove su una traiettoria circolare di raggio $R = 10$ cm, immersa in un campo magnetico uniforme di modulo $B = 1$ gauss. Calcolare:

- la velocità dell'elettrone;
- l'energia cinetica dell'elettrone;
- il periodo di rivoluzione T dell'elettrone.

Esercizio: un filo di massa $M = 10 \text{ g}$ e lungo $l = 50 \text{ cm}$ è appeso mediante due molle e collegato tramite esse al resto di un circuito in cui fluisce una corrente i . Il filo è immerso in un campo magnetico uniforme perpendicolare al piano del circuito e di modulo $B = 0.1 \text{ T}$. Qual è il valore della corrente i che deve fluire per annullare la tensione delle molle?



Lezione 17 - 12 dicembre 2014

Principio di sovrapposizione per il campo magnetico. Legge di Biot e Savart. Campo magnetico generato da un circuito filiforme di forma qualsiasi.

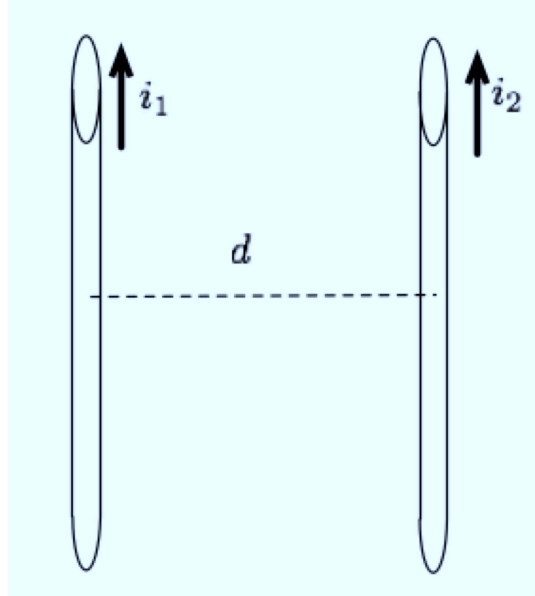
Teorema di Gauss per il campo magnetico. Induttanza di un circuito.

Circuitazione del vettore induzione magnetica. Teorema della circuitazione di Ampere. Teorema di Ampere per un filo rettilineo.

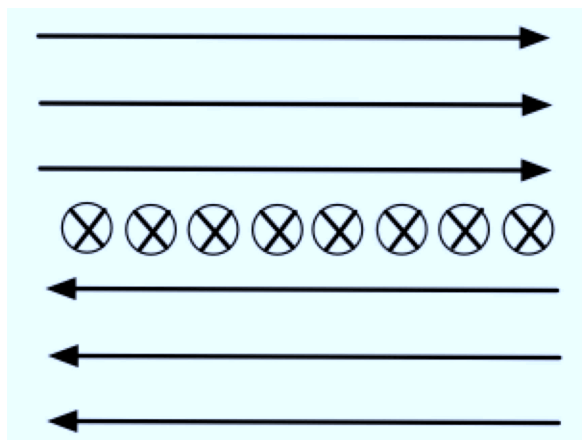
Applicazioni del teorema di Ampère: filo di sezione finita, cavo coassiale, solenoide, toroide.

Esercizio: Calcolare nel centro di una spira circolare di raggio R il campo magnetico generato quando nella spira fluisce una corrente stazionaria i .

Esercizio: calcolare la forza per unità di lunghezza tra due conduttori rettilinei infiniti (in pratica, molto lunghi) paralleli, a distanza d uno dall'altro molto maggiore del raggio della sezione dei due fili, nei quali fluiscono le correnti stazionarie i_1 e i_2 . Tale forza è attrattiva o repulsiva?



Esercizio: un conduttore è costituito da un numero infinito di fili rettilinei infiniti, posti uno accanto all'altro su una superficie piana nel vuoto. Ogni filo è percorso da una corrente di intensità i , entrante nel piano del disegno sotto. Le linee di induzione magnetica hanno, per ragioni di simmetria, l'andamento disegnato sotto. Calcolare l'intensità dell'induzione magnetica in un punto qualsiasi dei due semispazi separati dalla distribuzione piana di fili.



Lezione 18 - 19 dicembre 2014

Correnti indotte. La legge di Faraday. La forza elettromotrice indotta. Calcolo verso della corrente indotta: la legge di Lenz.

Il campo elettrico indotto. Carattere non conservativo del campo elettrico indotto. Esempio: calcolo del campo elettrico indotto generato da un solenoide infinito di raggio R in cui l'induzione magnetica $B(t)$ varia nel tempo a seguito della variazione della corrente che fluisce nel solenoide.

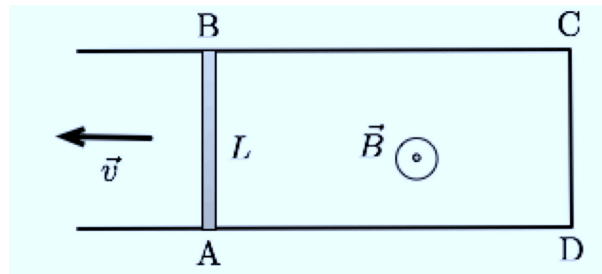
Induzione in un circuito aperto. Induzione con elementi non filiformi mobili. Il disco di Faraday.

La legge di Lenz e il principio di conservazione dell'energia.

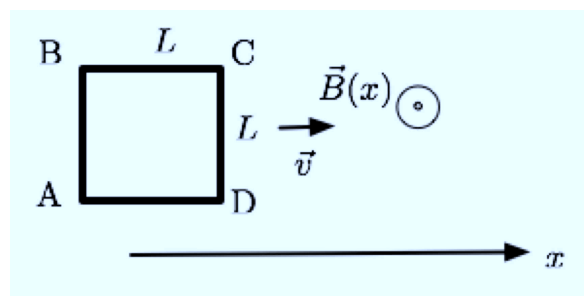
Esercizio: gli estremi A e B di una sbarretta conduttrice di lunghezza $L = 50$ cm possono scorrere con attrito trascurabile lungo due guide metalliche, parallele e collegate metallicamente tra loro nei punti C e D (si veda la figura). La resistenza del circuito ABCD coincide, senza errore apprezzabile, con quella della sbarretta, $R = 2 \Omega$. Il sistema si trova in un campo magnetico uniforme perpendicolare al piano del sistema, con verso uscente, di modulo $B = 10^{-2}$ T. La sbarretta viene mossa verso sinistra con velocità costante

$v = 2 \text{ m/s}$. Calcolare:

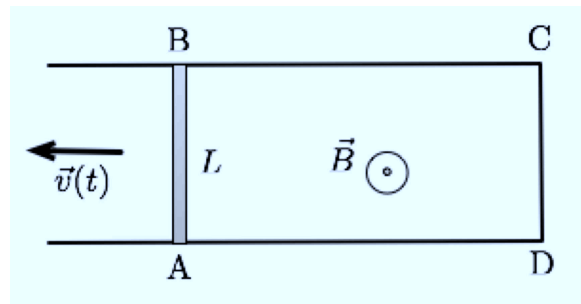
- la forza elettromotrice indotta nel circuito;
- la potenza dissipata nel circuito per effetto Joule.



Esercizio: una spira quadrata di lato $L = 10 \text{ cm}$ e resistenza $R = 10 \Omega$ viene trascinata a velocità costante di modulo $v = 1 \text{ m/s}$ in una regione di spazio in cui è presente un campo magnetico B perpendicolare al piano della spira il cui modulo varia secondo la legge $B(x) = a + bx$ (x è la direzione del moto della spira), con $b = 0.1 \text{ T/m}$. Quanto deve valere la forza con cui deve essere trascinata la spira per mantenere la velocità costante?



Esercizio: una sbarretta AB di lunghezza $L = 1$ m e massa $m = 2$ kg viene lanciata con velocità iniziale v_0 lungo due binari in una regione di spazio dove è presente un campo magnetico $B = 0.1$ T perpendicolare al piano individuato dai binari. I due binari sono uniti al loro termine in modo da formare un circuito chiuso ABCD. Dopo quanto tempo la velocità della sbarretta si riduce della metà rispetto alla velocità iniziale? Si trascuri la resistenza dei binari, e sia $R = 1 \Omega$ la resistenza della sbarretta. Verificare inoltre che viene conservata l'energia.



Lezione 19 - 9 gennaio 2015

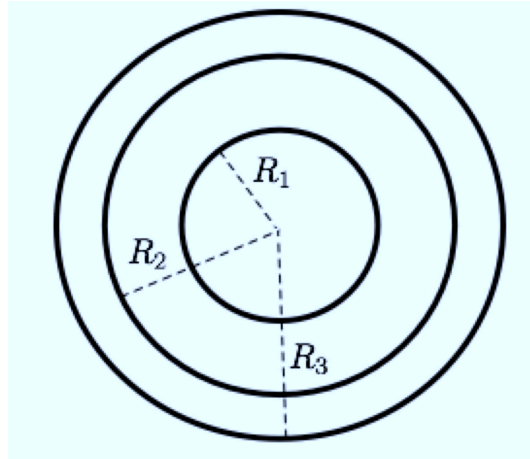
I circuiti RL. Energia del campo magnetico.

Corrente di spostamento. Legge di Ampère-Maxwell. Campi magnetici indotti.

Riepilogo delle equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico.

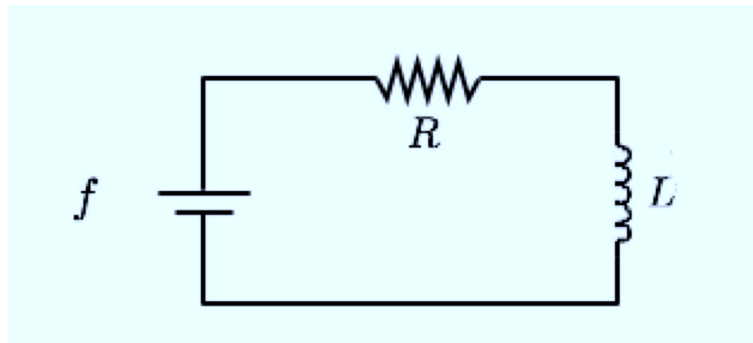
Esercizio: Calcolare l'induttanza di un solenoide posto nell'aria ($\mu_r \approx 1$), avente raggio $r = 1$ cm, lunghezza $l = 50$ cm e $N = 10^3$ spire.

Esercizio: Calcolare l'induttanza di un cavo coassiale avente raggio interno $R_1 \ll R_2$ e $R_3 - R_2 \ll R_2$, di modo che si possa trascurare il flusso dell'induzione magnetica relativa alla regione interna del conduttore centrale e alla regione tra R_2 e R_3 (questo è solo per semplificare il conto, che è fattibile in generale anche senza queste restrizioni).



Esercizio: Un generatore di f.e.m. $f = 100$ V viene collegato ad un circuito costituito da una resistenza $R = 100 \Omega$ e da un'induttanza $L = 0.4$ H poste in serie. Calcolare:

- l'intensità $i(0)$ della corrente subito dopo la chiusura del circuito;
- l'intensità asintotica $i(\infty)$ della corrente;
- a quale istante t^* l'intensità $i(t^*)$ è la metà di quella di regime $i(\infty)$.



Esercizio: Un condensatore piano con armature circolari di raggio R è collegato ad un generatore di f.e.m. alternata, tale che la carica sulle armature

del condensatore varia nel tempo secondo la legge

$$q(t) = q_0 \cos(\omega t).$$

Si consideri l'asse (che chiamiamo z) passante per i centri delle armature. Per ragioni di simmetria, trascurando gli effetti di bordo le linee di forza del vettore induzione magnetica sono circonferenze con i centri sopra l'asse z . Calcolare l'intensità dell'induzione magnetica in un generico punto P della regione compresa tra le armature e distante r dall'asse z .