

Anno accademico 1960–1961

Si indichino con (A_1, B_1) , (A_2, B_2) , (A_3, B_3) ed (A_4, B_4) le armature di quattro condensatori di capacità C_1 , C_2 , C_3 e C_4 rispettivamente. Si stabiliscano i seguenti contatti: di B_1 con A_2 ed A_4 , di B_2 con A_3 e B_4 , di A_1 e B_3 con una forza elettromotrice V .

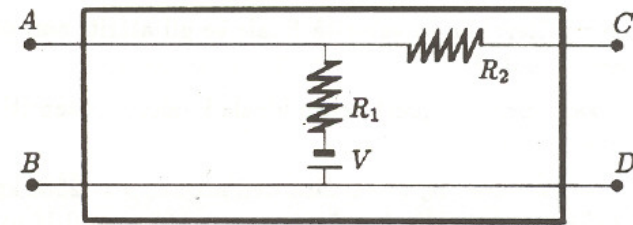
Si determinino le differenze di potenziale tra le armature e le cariche dei singoli condensatori.

Si stacchi quindi la batteria, si interrompano i contatti del condensatore C_4 e si connetta A_4 con B_3 . Quale sarà la differenza di potenziale tra A_1 e B_4 ?

Caso particolare: $C_1 = 12$, $C_2 = 3$, $C_3 = 24$, $C_4 = 5$ microfarad e $V = 3000$ Volt.

Anno accademico 1961–1962

Una scatola chiusa è munita di quattro morsetti A , B , C e D . Avendo a disposizione un voltmetro (di resistenza interna molto elevata) ed una resistenza R del valore di 500Ω , si fanno delle esperienze che suggeriscono l'ipotesi che la scatola contenga una pila (di forza elettromotrice 100 Volt e resistenza interna trascurabile) e due resistenze $R_1 = 500\Omega$, $R_2 = 9000\Omega$ connesse tra i morsetti A , B , C , D , come indicato in figura.



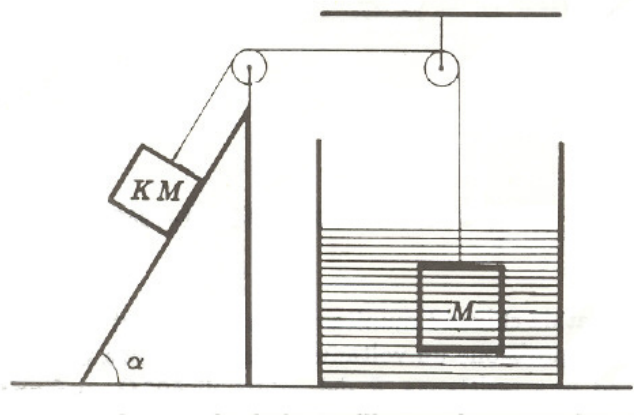
Si dica quali esperienze sono state fatte e quale è stato il loro risultato.



Anno accademico 1962–1963

Un corpo di massa M , costituito da un materiale omogeneo di densità assoluta ρ , si pone in moto scendendo verticalmente di un tratto h entro un liquido di densità ρ_0 . Contemporaneamente un corpo di massa KM , congiunto al primo mediante un filo inestensibile e di massa trascurabile, sale (muovendosi nell'aria) lungo un piano, inclinato di un angolo α sul piano dell'orizzontale. Alla fine della discesa i due corpi posseggono la velocità v .

- Qual è il valore dell'energia "perduta" dal sistema per vincere gli attriti e quale il valore dell'equivalente termico della medesima?
- Quale risulterebbe la velocità finale se gli attriti non perturbassero il moto?
- Quali sarebbero in questo caso ideale i valori consentiti per il parametro K ?



Caso particolare: $\rho_0 =$ densità dell'acqua, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, $M = 0,025 \text{ kg}$, $K = 28/25$, $h = 0,40 \text{ m}$, $\alpha = 30^\circ$, $v = 0,10 \text{ m/s}$.

Anno accademico 1963–1964

Si deve trasportare energia elettrica da una centrale ad una città.

- Con un sistema di cavi, come dipende il rendimento dalla potenza utilizzata, cioè dal numero delle lampade accese? (Per rendimento si intende il rapporto tra la potenza utilizzata e la potenza fornita dalla centrale).
- A parità di potenza utilizzata e di linea di trasmissione, come dipende il rendimento dalla tensione? (Via suggerita: esprimere la resistenza di utilizzazione in termini della tensione e della potenza utilizzata).
- Cambiando tensione di rete, bisogna sostituire le lampade. Due lampade di uguale potenza e di diverso voltaggio in che cosa differiscono? Se i filamenti hanno la stessa lunghezza e sono fatti dello stesso materiale, come varia il loro diametro?



Anno accademico 1964–1965

- 1) Qual è l'indice di rifrazione di un vetro il cui angolo limite è 45° ?
- 2) Si misura la forza elettromotrice di una pila con un voltmetro. Non si conosce né la resistenza interna della pila, né la resistenza del voltmetro. Si assume come valore della forza elettromotrice quello indicato dal voltmetro.

Qual è l'errore percentuale commesso se la resistenza interna della pila è 100 ohm e la resistenza del voltmetro è 1000 ohm?

Anno accademico 1965–1966

Un satellite artificiale entra in orbita con velocità parallela ad un meridiano ad una longitudine α . Successivamente descrive una traiettoria circolare con periodo di 3 ore.

- a) A che altezza viaggia il satellite?
- b) Con che velocità?
- c) Perché fra i dati del problema è superflua la massa del satellite?
- d) Come varia nel tempo la longitudine del satellite, se si trascura il moto della Terra intorno al Sole?
- e) Come si imposta il problema di prevedere in quali ore esso è visibile ad occhio nudo da un dato punto della superficie terrestre?

Costante gravitazionale $G = 6,66 \cdot 10^{-8}$ unità cgs, massa della Terra $M = 6 \cdot 10^{27}$ g, raggio terrestre $R = 6,4 \cdot 10^8$ cm.



Anno accademico 1966–1967

Distanza Terra–Sole: $a = 149.500.000$ km.

Costante di gravitazione universale: $G = 6,67 \cdot 10^{-8}$ dine \cdot cm²/g².

Dissertazione: Quali fatti ed esperimenti indicano con particolare evidenza la struttura atomica della materia? Descriverli ed illustrarne brevemente il significato.

Problemi preliminari:

- 1) In quanto tempo uno scaldabagno elettrico di 1000 Watt porta 80 litri d'acqua da 20°C a 80°C? L'equivalente meccanico della caloria è 4,186 Joule.
- 2) Se volete accendere un fuoco con una lente, come la scegliete?
- 3) Una condotta forzata di una centrale idroelettrica ha un dislivello di 150m e una portata di 5000 litri al secondo. Qual è la potenza massima della centrale?
- 4) Due sbarre di uguale forma, una di ferro e l'altra di legno, sono incernierate ad un estremo così da ruotare in un piano verticale e vengono lasciate cadere da una inclinazione di 45°. Quale di esse giunge per prima nella posizione orizzontale?

Problema: Il moto di Titano, satellite di Saturno, osservato dalla Terra appare come un moto armonico di periodo $t = 16$ giorni e con una elongazione $\alpha = 3'12''$.

Questa osservazione è fatta quando Saturno, Terra e Sole sono allineati nell'ordine Saturno, Terra, Sole.

Sapendo che il periodo di rivoluzione di Saturno attorno al Sole è $T = 29,5$ anni e considerando—il che è vero con notevole approssimazione—le orbite planetarie come cerchi, si determini la massa di Saturno.

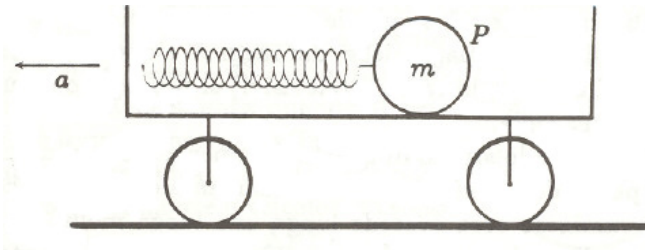


Anno accademico 1967–1968

Dissertazione: L'induzione elettromagnetica.

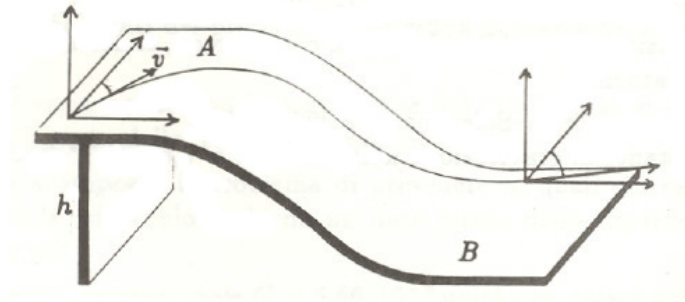
Problemi:

- 1) Una batteria di forza elettromotrice V e resistenza interna R viene collegata con una lampadina. Si discuta come varia la potenza assorbita dalla lampadina al variare della resistenza della lampadina.
- 2) Una pallina P di massa m è fissata ad un veicolo in movimento per mezzo di una molla così come è indicato nella figura. La pallina è cioè appoggiata sul piano orizzontale del veicolo. La costante elastica della molla è k , cioè per una deformazione Δl la molla esercita una forza $|f| = k|\Delta l|$. Il veicolo si muove con un'accelerazione costante a . Qual è l'allungamento della molla?

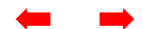


- 3) La frequenza del fischio di un treno misurata da un osservatore a terra varia di $1/10$ tra un istante in cui il treno è lontano e sta arrivando e un istante in cui il treno è lontano e si sta allontanando. In quale dei due istanti essa è maggiore e qual è la velocità del treno?

- 4) Due lastre lisce orizzontali A e B sono separate da uno scalino di dislivello h . Una sferetta di massa m e di velocità \vec{v} passa dalla lastra A a quella B , scendendo lo scalino. Lo scalino è arrotondato e non dà luogo a rimbalzi.



- (a) Come muta la direzione del moto della pallina nel passare dal piano A a quello B ?
- (b) La direzione della pallina nel piano B dipende dalla sua massa?
- (c) Mostrare che al variare della direzione della velocità iniziale, rimanendo costante il suo modulo, la deflessione della sferetta obbedisce alle leggi di rifrazione dell'ottica geometrica. Si calcoli l'indice di rifrazione corrispondente.



Anno accademico 1968–1969

Dissertazione: I suoni, le radiazioni luminose (e con esse tutte quelle elettromagnetiche, dai raggi X a quelle che riceviamo nei nostri apparecchi radio o televisivi) si propagano da un luogo all'altro per onde.

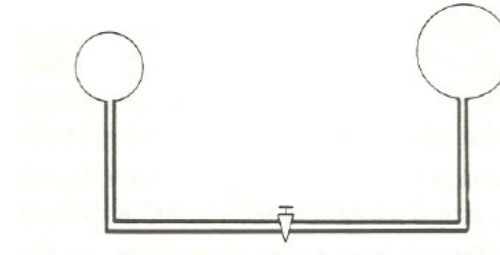
Per introdurre lo studio di questo fenomeno, cioè della “propagazione per onde”, così generale e fondamentale, spesso si comincia con l'esaminare cosa succede lungo una lunga molla rettilinea o qualcosa di analogo quando, a partire da un certo istante, si imprime una oscillazione periodica a un suo estremo.

Descrivere cosa succede della molla sia quando i suoi due estremi sono liberi, sia quando quello opposto all'estremo messo in oscillazione è fissato. Dite come si modifica il movimento della molla se entrambi i suoi due estremi sono fissi e la molla è posta in oscillazione in un modo *qualsiasi* sollecitando una sua parte *qualsiasi*.

Dite quanto sapete circa gli aspetti comuni e le analogie fra la propagazione delle onde lungo la molla e quella dei suoni e quella delle onde luminose.

Problemi:

- 1) Due anelli circolari di metallo giacciono in piani paralleli e hanno l'asse in comune. Se una corrente alternata passa in un anello si osserva che nascono delle forze fra i due anelli.
Cosa sapete dire di questo fenomeno?
- 2) Due bolle di sapone di raggio leggermente diverso comunicano con i due estremi di un tubo chiuso da un rubinetto. Cosa succede aprendo il rubinetto? E se lo sapete ditene il motivo.



- 3) Un obiettivo consiste di una lente con fuoco $+30\text{ mm}$ e di una seconda lente con fuoco -20 mm posta ad una distanza di 20 mm dalla prima. Trovare con semplici ragionamenti (per esempio, con costruzione geometrica) dove deve essere posta una unica lente convergente di opportuna distanza focale per ottenere, sullo stesso piano normale all'asse ottico, immagini reali delle stesse dimensioni, di oggetti sufficientemente lontani.
- 4) Un veicolo si muove con velocità costante lungo l'equatore. Uno sperimentatore all'interno del veicolo usando un dinamometro nota un piccolo aumento $\Delta P > 0$ nel peso di un corpo, rispetto alla misura effettuata quando il veicolo è fermo rispetto alla Terra. Verso quale direzione (est o ovest) e con quale velocità si muove il veicolo? Vi sono dei limiti sul valore di ΔP ?



Anno accademico 1969–1970

Dissertazione: Come si definiscono e si misurano la temperatura e la quantità di calore?

Quali relazioni passano tra queste e le varie forme di energia?

Problemi:

- 1) Si considerino due automobili uguali che si muovono nello stesso senso con la stessa velocità. Come varia al variare della velocità la distanza di sicurezza, ammesso che la prontezza dei riflessi dei guidatori sia $1/5$ di secondo? (Per distanza di sicurezza si intende la distanza minima cui la seconda automobile deve mantenersi dalla prima in modo tale che, se il primo guidatore frena improvvisamente, il secondo riesca ad evitare lo scontro).
- 2) Si considerino due sfere di uguali dimensioni, una di ferro, l'altra di legno. Queste due sfere vengono lasciate cadere verticalmente *nell'aria*. Si dimostri che:
 - (a) le due sfere non possono cadere con la stessa legge oraria;
 - (b) durante la caduta, ad ogni istante, la velocità della sfera di ferro è maggiore della velocità della sfera di legno;
 - (c) la sfera di ferro arriva al suolo prima di quella di legno.
- 3) Si calcoli qual è la potenza emessa da un cm^2 della superficie del Sole, sapendo che sulla Terra arrivano $1,90$ piccole calorie per cm^2 per minuto primo, che la distanza Terra–Sole è di $149,5 \times 10^6$ km e che il diametro angolare del Sole visto dalla Terra è $32'$.
- 4) Un metodo per misurare la velocità con la quale si avvicina o si allontana un corpo è quello di mandare verso il corpo un'onda elettromagnetica

e di osservare alla sorgente la sovrapposizione dell'onda riflessa con quella originaria. Che cosa si osserva? Si consideri il caso pratico di un'onda di lunghezza d'onda 10 cm e di un corpo che si muove alla velocità di 100 km/h.



Anno accademico 1970–1971

Dissertazione: Si descrivano gli esperimenti che hanno permesso di determinare:

- la velocità di propagazione della luce;
- la natura ondulatoria di tale propagazione;
- il fatto che si tratta di onde trasversali.

Problemi preliminari:

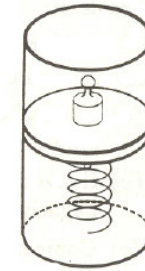
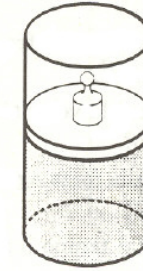
- Un ascensore cade liberamente nel campo della gravità terrestre. Al soffitto dell'ascensore è attaccato un dinamometro formato da una molla a cui è sospesa una massa m . Quale forza segna il dinamometro?
- I freni dell'ascensore precedente entrano in funzione dando luogo ad una decelerazione costante a . Cosa segna il dinamometro?
- Se si inserisce un contatore di energia nel circuito primario di un trasformatore esso non segna apprezzabile consumo fino a quando, chiudendo il circuito, passa corrente nel secondario. Perché?

Problemi:

Uno a scelta tra i seguenti in ordine di difficoltà.

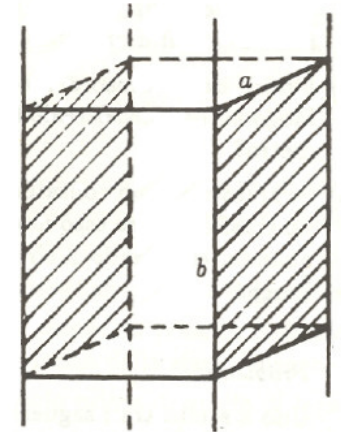
- Due tubi lunghi A e B , posti verticalmente, sono chiusi all'estremità inferiore ed hanno ciascuno un pistone con un piatto su cui si trovano dei pesi. Uno dei due tubi contiene aria ed ha un pistone a tenuta d'aria, l'altro contiene una molla e il pistone non è a tenuta. La distanza fra il fondo dei tubi ed i rispettivi pistoni è di cm 24. Sui due piatti vengono poi aggiunti di volta in volta due chilogrammi e viene ogni volta misurata la distanza tra il fondo di ciascun tubo ed il relativo pistone. I risultati sono i seguenti:

Pesi aggiunti	Distanza	
	A	B
kg	cm	cm
0	24	24
2	21	20
4	18	17
6	15	15



Quale dei due tubi A e B contiene aria e quale contiene la molla? Se, quando la distanza è di cm 24, si tolgono kg 2 da ciascun piatto, di quanto si solleverà ciascun pistone?

- Il principio su cui funzionano certe pompe è il seguente. Un condensatore piano è costituito da due armature rettangolari verticali di lati a e b collegate ad un generatore di differenza di potenziale V . Esse sono applicate alle pareti interne di un tubo rettangolare di materiale isolante immerso in un campo magnetico \vec{B} , parallelo al lato a (vedi figura) e uniforme. Nel tubo c'è un liquido di densità d e resistività r finita. Il dispositivo viene fatto funzionare come pompa per sollevare il liquido tra due recipienti grandi tra i quali c'è un dislivello h costante.



Trovare il valore minimo B_0 di $|\vec{B}|$ perché la pompa funzioni. Trovare la velocità di regime per $B > B_0$. Cosa succede per $B < B_0$?



Dissertazione: Statica e dinamica dei fluidi.

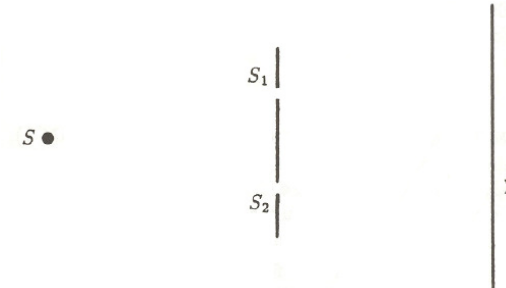
Problemi:

- 1) Si consideri il moto di un elettrone in un campo magnetico costante ed omogeneo \vec{B} .
 - (a) In quali condizioni la velocità \vec{v} dell'elettrone rimane costante nel tempo?
 - (b) Il lavoro fatto dalla forza agente sull'elettrone è positivo, negativo o nullo?
 - (c) Come dipende dal tempo il modulo di \vec{v} ?
- 2) Un corpo di massa m è attratto verso un centro fisso da una forza $F(|\vec{r}|)$ dipendente solo dalla distanza $|\vec{r}|$.
 - (a) Dimostrare che sono possibili dei moti circolari uniformi per questo corpo.
 - (b) Per uno qualunque di questi moti circolari, come dipende il periodo dal raggio?
 - (c) La risposta alla domanda precedente è connessa con la terza legge di Keplero?
- 3) Si considerino due corpi P_1 e P_2 di massa rispettivamente m_1 ed m_2 , vincolati a muoversi senza attrito lungo una retta r . All'inizio P_2 è fermo, mentre P_1 si muove con velocità v verso P_2 . Come è noto, durante il processo d'urto la quantità di moto, data da $m_1 v_1 + m_2 v_2$, rimane costante (v_1 e v_2 sono le velocità *algebriche*, quindi con segno, dei corpi P_1 e P_2 lungo la retta r).



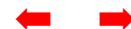
Si determini quanto vale la massima quantità di calore che si può sviluppare durante l'urto. Ammettiamo che m_1 sia minore di m_2 : scambiando il ruolo dei due corpi nello stato iniziale, lasciando invariata v , questa quantità di calore risulterà maggiore, minore o uguale? Si giustifichi la risposta.

- 4) Un esperimento di interferenza può essere effettuato con il dispositivo mostrato nella figura. S è una sorgente puntiforme di luce monocromatica non polarizzata. S_1 ed S_2 sono due piccoli fori praticati in uno schermo opaco e Σ è il piano su cui si osservano le frange di interferenza.



L'interferenza fra le onde provenienti da S_1 ed S_2 esiste effettivamente nei seguenti casi?

- (a) Un filtro polarizzatore F_1 è messo di fronte ad S .
- (b) Due filtri polarizzatori F_2 ed F_3 sono messi davanti a S_1 e S_2 . I loro assi di trasmissione sono a 90° fra di loro e a 45° con F_1 .
- (c) Un quarto filtro F_4 è messo di fronte al piano Σ con asse parallelo a quello di F_1 .



Anno accademico 1972–1973

Dissertazione: Una a scelta tra le seguenti:

- I) Fenomeni di polarizzazione della luce e loro implicazioni.
- II) Fenomeni di elettrolisi.

Problema:

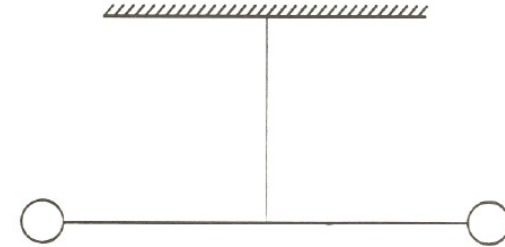
- 1) La forza di gravità sulla superficie terrestre, misurata con un dinamometro, è notoriamente la risultante della forza di attrazione newtoniana da parte della massa terrestre e della forza centrifuga dovuta al moto di rotazione della Terra. Calcolare la dipendenza della gravità dalla latitudine supponendo per semplicità che la Terra sia una sfera omogenea.
- 2) Si definisce massa gravitante m_G di un corpo la grandezza caratteristica del corpo cui è proporzionale la forza newtoniana esercitata su di esso da un corpo assegnato.

Si definisce massa inerziale m_I di un corpo il rapporto fra la forza cui è soggetto e la accelerazione che essa gli imprime:

$$\vec{F} = m_I \vec{a}.$$

Mentre la forza newtoniana, di cui alla domanda 1), è per definizione proporzionale a m_G , la forza centrifuga è proporzionale a m_I . Mostrare che, se m_G è proporzionale a m_I , cioè se corpi che hanno m_I uguale hanno m_G uguale, la verticale sulla Terra è la stessa per tutti i corpi.

- 3) Si consideri il sistema in figura (bilancia di torsione), costituito da due palline di massa (approssimativamente) uguale poste all'estremità di una sbarretta sospesa per il baricentro ad un filo. Per fissare le idee si supponga la sbarretta orientata in direzione est-ovest a 45° di latitudine.



- (i) Si mostri che se la verticale è la stessa per tutti i corpi, sempre nell'ipotesi che la Terra sia una sfera omogenea, la coppia torcente nella direzione del filo è nulla.
- (ii) Se m_I non è proporzionale a m_G , mantenendo la stessa pallina ad una delle estremità della sbarretta ed equilibrandola con palline diverse all'altra estremità, sul filo si manifesta una torsione. Si calcoli la coppia in termini di $r = (m_G - m_I)/m_G$. (Si consideri per semplicità il caso che le due palline abbiano m_G uguale e che per una $m_G = m_I$, mentre per l'altra questo non sia vero).

Nota. Il dispositivo alla domanda 3) riproduce schematicamente quello usato da Eötvös per provare che la verticale è la stessa per tutti i corpi. Il risultato è che r è zero con precisione $1/(3 \cdot 10^9)$.

- 4) Il Sole esercita la sua forza newtoniana su tutti gli oggetti posti sulla Terra.
 - (a) Si calcoli il valore di tale forza e la si paragoni alla forza di gravità.
 - (b) Se l'effetto del Sole fosse la sola forza newtoniana si dovrebbe avere un sensibile cambiamento di peso dei corpi dal giorno alla notte. Spiegare perché questo non accade se si tiene conto del moto della Terra intorno al Sole.
 - (c) Calcolare l'effettivo contributo del Sole alla gravità della Terra.



5) (Facoltativa).

Se il rapporto r definito sopra fosse diverso da zero, ad esempio $r = 10^{-9}$, quale sarebbe l'effetto percentuale sulla gravità dovuta al Sole?

Quale l'effetto sull'esperimento di cui alla domanda 3)?

Nota. La domanda 5) è alla base di un miglioramento dell'esperimento di Eötvös, recentemente eseguito da Dicke. Il risultato è che r è zero con precisione $1/10^{11}$.

$G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ sec}^{-2}$ (costante di gravitazione)

$M_S = 2 \cdot 10^{33} \text{ g}$ (massa del Sole)

$M_T = 6 \cdot 10^{27} \text{ g}$ (massa della Terra)

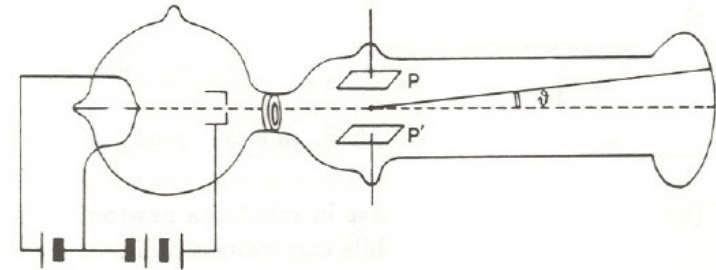
$R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ (distanza Terra-Sole)

$R_T = 6300 \text{ km}$ (raggio della Terra).

Anno accademico 1973–1974

Dissertazione: La legge di gravitazione universale e le sue verifiche sperimentali astronomiche e di laboratorio.

Problema: Nel 1897 J.J. Thomson misurò il rapporto e/m tra la carica e la massa dell'elettrone (Philosophical Magazine **44**, 293, 1897). Thomson fece uso di un tubo a raggi catodici (schematizzato in figura).



Tra le piastre P e P' del condensatore piano, di lunghezza l e poste alla distanza d l'una dall'altra, può essere stabilito un campo elettrico \vec{E} . Nella stessa zona, mediante opportune bobine (non mostrate in figura), può anche essere stabilito un campo di induzione magnetica \vec{B} perpendicolare a \vec{E} ed alla direzione del fascio di elettroni. Il procedimento di misura è il seguente:

- 1) Si osserva la posizione della macchia luminosa sullo schermo S in assenza di \vec{E} e di \vec{B} .
- 2) Sempre in assenza di \vec{B} si applica una differenza di potenziale nota V tra le piastre e si osserva la nuova posizione della macchia luminosa. Qual è la traiettoria degli elettroni tra le piastre? Qual è la loro traiettoria fuori dalle piastre?



Qual è, in funzione di e/m , della velocità v che hanno gli elettroni quando entrano fra le piastre e degli altri dati, la deviazione lineare y all'uscita delle piastre deviatrici?

Di quale angolo θ viene deviato il fascio?

- 3) Lasciando fisso V si applica anche il campo magnetico, regolato in modo da annullare la deviazione prodotta dal campo elettrico.

Se $V = 225$ Volt, $d = 1,5$ cm, $B = 5,5 \cdot 10^{-4}$ weber/m², quanto vale v ?

Usando il valore di v così determinato, calcolare e/m sapendo che la deviazione angolare osservata nell'operazione 2) è $\theta = \frac{8}{110}$ rad e che $l = 5$ cm.

Un altro procedimento usato per la misura di e/m consiste nel determinare la velocità, l'intensità di corrente e l'energia cinetica portata per unità di tempo dal fascio di elettroni.

Come è legato e/m con questi dati?

Per quanto riguarda l'intensità del fascio, si potrebbe pensare di determinarla misurando la forza che il fascio esercita in presenza del campo elettrico dato sul condensatore.

Qual è l'ordine di grandezza di questa forza per una intensità di 0,1 mA?

Dissertazione: Le leggi dei gas e la loro interpretazione microscopica.

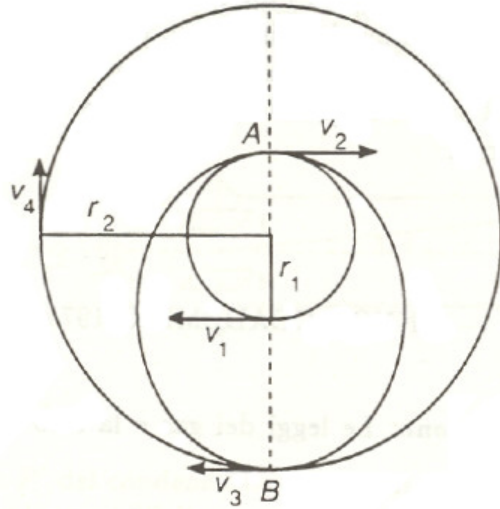
Problemi:

- 1) Un tale partendo per le vacanze lascia il rubinetto dell'acqua calda semiaperto. La vacanza dura 15 giorni; la portata del rubinetto è un litro al minuto; la temperatura dell'acqua dell'acquedotto è 15°C; quella di uscita dal rubinetto è 60°C. Il prezzo di un kilowattora è 13 lire. Quanto dovrà pagare l'utente?
Lo scaldabagno funziona con una tensione di 220 V. Qual è l'intensità della corrente che circola nello scaldabagno?
- 2)(a) Un'astronave ruota intorno alla Terra in un'orbita circolare di raggio r_1 . Calcolare la velocità v_1 dell'astronave.
- (b) L'astronauta accende ora per un brevissimo intervallo di tempo i motori del razzo in modo da acquistare una velocità v_2 . Qual è il valore massimo v_M di v_2 per cui il razzo non sfugge all'attrazione terrestre?
- (c) Per una opportuna velocità $v_2 < v_M$, l'astronave in A si pone in un'orbita ellittica di perigeo r_1 ed apogeo r_2 . Raggiunto l'apogeo in B con velocità v_3 , un'altra accensione istantanea dei motori inserisce l'astronave in una nuova orbita circolare di parcheggio con velocità v_4 . Calcolare v_2 , v_3 e v_4 .

(Suggerimento: si utilizzino i principi di conservazione dell'energia e del momento della quantità di moto).

La Terra ha massa $M_T = 6 \cdot 10^{27}$ g, la costante gravitazionale è $G = 6,7 \cdot 10^{-8}$ cm³g⁻¹sec⁻², il raggio $r_1 = 6.500$ km ed il raggio $r_2 = 30.000$ km. L'astronave ha massa trascurabile rispetto alla massa della Terra.





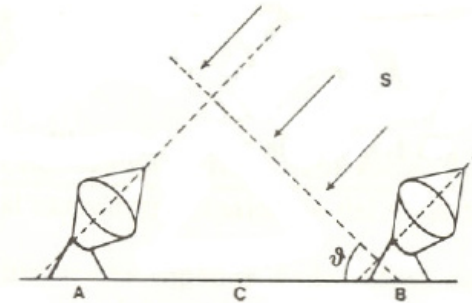
Dissertazione: Quali sono le conseguenze del fatto che non sia stata osservata, in nessun fenomeno, una carica elettrica che non sia un multiplo intero della carica di un elettrone? Come è che gli atomi (non ionizzati) sono elettricamente neutri?

Cosa succede e come si procede quando, per esempio, con una batteria di accumulatori si carica (positivamente o negativamente) l'armatura di un condensatore?

Come si può procedere per aumentare questa carica?

Problemi:

- 1) Due antenne radio riceventi sono poste alla distanza di 1 km lungo la linea AB . Il segnale di ciascuna antenna è condotto al punto C mediante cavi della stessa lunghezza e i due segnali vengono sommati assieme in C .

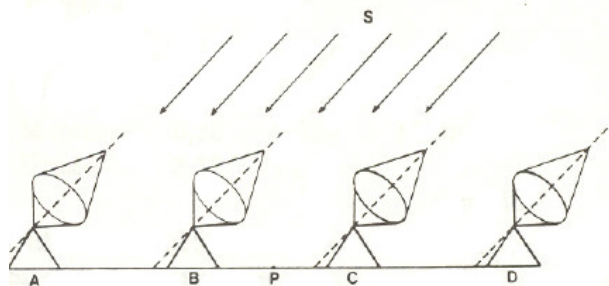


Una stella puntiforme S , che agisce come una sorgente radio, si muove lungo una linea parallela ad AB alla distanza di 500 anni luce. La frequenza delle onde radio studiate è 10^8 Hz.

Per $\theta = 0$ si osserva un segnale massimo in C . Qual è il più piccolo valore di θ per cui nessun segnale viene rilevato in C ?



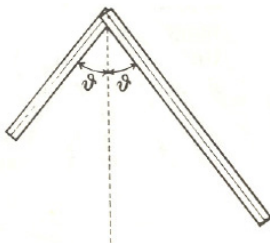
Si modifichi ora il dispositivo usando quattro antenne uguali alle precedenti, spaziate ancora di 1 km ciascuna. Ognuna manda il suo segnale nel punto P lungo cavi della stessa lunghezza. In che senso questo secondo dispositivo è migliore del precedente?



Si consideri ora il dispositivo della prima figura (con due antenne) nel caso in cui la stella non è puntiforme ma ha una dimensione angolare finita. Qual è la dimensione angolare per cui il segnale in C è sostanzialmente indipendente dalla posizione della stella?

(Velocità della luce: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$).

- 2) Si consideri una sbarra omogenea di sezione quadrata di lato 1 cm e lunghezza 100 cm, libera di ruotare attorno ad un estremo, come mostrato in figura, e soggetta alla gravità. Essa viene abbandonata da ferma nella posizione mostrata pure in figura. Sotto l'effetto della gravità essa ruota e dopo un tempo t_1 passa per la verticale ($\vartheta = 0^\circ$). Si ripete l'identico esperimento con una sbarra simile alla prima, dello stesso materiale, ma di dimensione metà, cioè sezione di lato 0,5 cm e di lunghezza 50 cm. Dopo un tempo t_2 pure essa passa per la verticale ($\vartheta = 0^\circ$). Che relazione esiste tra t_1 e t_2 ?



(Si trascuri la resistenza dell'aria).

Dissertazione: (a scelta)

- I) Le tecniche di osservazione astronomiche e le loro limitazioni.
- II) Sapendo che il Sole invia sulla Terra in media

$$5 \cdot 10^5 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{s},$$

discutere la possibilità di risolvere il problema energetico usando l'energia solare, senza perturbare apprezzabilmente l'ambiente.

Problemi:

- 1) Una sfera di massa $m = 10^{-2} \text{ kg}$ e carica elettrica q sospesa ad un filo inestensibile di massa trascurabile compie delle piccole oscillazioni fra le armature di un condensatore a facce piane e parallele orizzontali distanti $d = 2 \text{ m}$ fra le quali si stabilisce una differenza di potenziale di 10^5 V . Le frequenze ν_+ e ν_- del pendolo quando il campo elettrico è parallelo e antiparallelo alla verticale sono tali che:

$$\nu_+^2 + \nu_-^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot 19,6 \text{ s}^{-2}.$$

Si domanda:

- (a) la lunghezza del filo;
- (b) il valore di q per cui

$$\nu_+^2 - \nu_-^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot 0,5 \text{ s}^{-2},$$

quando la lunghezza del filo è quella calcolata precedentemente;



(c) come la quantità $v_+^2 - v_-^2$ dipenda dalla latitudine.

2) Un gas può trovarsi nella atmosfera di un pianeta solo se il rapporto:

$$\alpha = \frac{\text{velocità media di agitazione termica delle molecole}}{\text{velocità di fuga dal campo gravitazionale del pianeta}}$$

è inferiore ad un certo limite che dipende dalla massa delle molecole del gas, dalla massa e dal raggio del pianeta e dalla temperatura media dell'atmosfera.

- (a) Sapendo che l'azoto è l'elemento più leggero presente nell'atmosfera terrestre e che l'idrogeno è presente nell'atmosfera di Urano, determinare un limite superiore alla temperatura media dell'atmosfera di quest'ultimo.
- (b) Dimostrare che la temperatura di Mercurio è troppo alta per consentire l'esistenza di un'atmosfera di ossigeno. Si usino i seguenti dati:

Pianeta	R/R_0	M/M_0	$T(^{\circ}\text{K})$
Mercurio	0,38	0,054	442
Urano	3,72	14,50	

dove R_0 e M_0 sono il raggio e la massa della Terra.

(Si ricorda che l'energia cinetica media di una molecola di gas è $E_c = \frac{3}{2}KT$, dove K è la costante di Boltzmann e T la temperatura assoluta. Per la soluzione del problema non occorre conoscere il valore di K , né quello della costante gravitazionale. Si prenda la temperatura della Terra $T = 300^{\circ}\text{K}$).

- (c) Nell'atmosfera non tutte le molecole hanno velocità prossima alla velocità media. Si mostri che se il gas non viene continuamente rifornito esso si disperde nel vuoto, qualunque sia il valore del parametro α , e si descriva qualitativamente il meccanismo fisico per cui questo avviene.

Dissertazione: Illustrare alcuni fatti sperimentali per l'interpretazione dei quali è necessario supporre che la luce sia un fenomeno di natura ondulatoria ed altri per i quali occorre considerarla di natura corpuscolare.

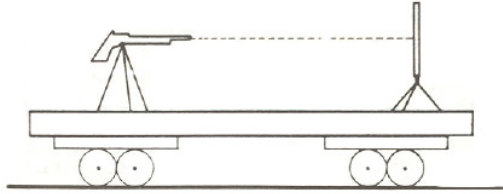
Domande qualitative

- I) Un tizio uscendo lascia la cucina chiusa, ma il frigorifero aperto ed in funzione. Tornando, trova la stanza globalmente più fredda o più calda? Perché?
- II) Il diamante e la grafite sono costituiti di carbonio. Perché si può scrivere con la grafite e non con il diamante?
- III) Alla domanda "Qual è il periodo di un pendolo di lunghezza l ?", un candidato risponde $T = 2\pi\sqrt{g/l}$ ed un altro $T = \sqrt{l/g}$. Le due risposte sono errate, ma la prima viene ritenuta peggiore della seconda. Perché?
- IV) Un astronauta in orbita, alla richiesta della base di controllare il proprio peso, risponde che non può perché le bilance a bordo non funzionano. Da terra gli si comunica che può servirsi della bilancia a molla di cui dispone (e di cui conosce la costante elastica), e di un orologio. Come?

Esercizi (due a scelta)

- 1) Su di un vagone di 5 tonnellate, mobile su supporti senza attrito, sono piazzati una mitragliatrice e un bersaglio (in grado di assorbire i colpi) distanti fra loro 5 m. La mitragliatrice comincia a sparare 10 proiettili di 100 g al secondo, aventi velocità iniziale di 500 m/sec. Di conseguenza il vagone si muove.





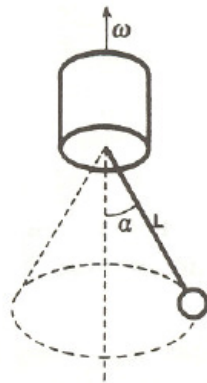
- (a) In che direzione, e perché?
- (b) Si descriva il moto istantaneo fra uno sparo e l'altro.
- (c) Qual è la velocità media risultante? Quale ne è l'interpretazione in termini del baricentro vagone-proiettili?

2) Si vuole misurare la velocità angolare ω di un corpo cilindrico rotante verticalmente attorno al proprio asse.

Per questo viene vincolata sulla base inferiore del cilindro, nel punto di intersezione con l'asse di rotazione, un'asta rigida sottile di massa trascurabile e lunghezza L la quale porta all'altra estremità una sfera di massa M .

Il vincolo è tale da trasmettere completamente all'asta il moto di rotazione, ma da permettere all'asta di formare un angolo qualunque α con l'asse del cilindro.

Quando il cilindro non ruota, $\alpha = 0$, cioè l'asta assume la posizione verticale. Si porta il cilindro in rotazione con velocità angolare ω e si osserva che l'asta descrive un cono con vertice nel vincolo e apertura α che dipende da L e da ω , per cui dalla misura di α è possibile determinare ω .



- (a) Perché l'asta si solleva dalla posizione di equilibrio quando il cilindro è posto in rotazione?

- (b) Determinare la relazione che intercorre fra α , ω e L .
- (c) Tale relazione è valida solo se $\omega > \bar{\omega}$, dove $\bar{\omega}$ dipende da L . Trovare $\bar{\omega}$ e darne un'interpretazione.

3) Una scatola chiusa presenta 5 morsetti A, B, C, D, E , e contiene all'interno una batteria di resistenza interna trascurabile e forza elettromotrice V . Ciascun morsetto è connesso, attraverso una resistenza, ad un polo della batteria.

Si vuole, senza aprire la scatola, conoscere come sono connessi i morsetti ai poli. Mediante un voltmetro (di resistenza praticamente infinita) si misura la d.d.p. fra i diversi morsetti e si trova:

$$\begin{aligned} V_A - V_C &= V_A - V_D = V_C - V_D = V_B - V_E = 0 \text{ Volt} \\ V_A - V_B &= V_A - V_E = V_C - V_B = V_D - V_B \\ &= V_D - V_E = V_C - V_E = 10 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Si ripetono le misure shuntando il voltmetro con una resistenza $R = 10\Omega$, cioè collegando una resistenza di 10Ω fra i suoi terminali, e si trova:

$$\begin{aligned} V_A - V_C = V_A - V_D &= V_C - V_D = V_B - V_E = 0 \text{ Volt} \\ V_A - V_B &= V_A - V_E = 10 \text{ Volt} \\ V_C - V_B &= V_C - V_E = 5 \text{ Volt} \\ V_D - V_B &= V_D - V_E = 2 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Determinare la f.e.m. della batteria e il modo in cui i morsetti sono connessi ai poli della batteria.



Anno accademico 1978–1979

Si richiede la soluzione di tre a scelta fra i seguenti problemi.

- 1) Un aereo parte dal Circolo Polare Artico il 20 giugno all'alba e viaggia in direzione sud. I passeggeri vedono subito tramontare il sole, buio per 4 h e 30', e poi ancora l'alba. (Il Circolo Polare è a $\sim 23^\circ$ dal Polo). A che velocità viaggia l'aereo?
- 2) Sapendo che la misura di una carica si può ricondurre a quella delle differenze di potenziale da essa determinate, si vuol verificare sperimentalmente che la carica dell'elettrone è esattamente opposta a quella del protone. Per fare questo si riempie di idrogeno gassoso a 5 atm a temperatura ambiente una sfera metallica di raggio 10 cm e si misura la variazione di potenziale elettrostatico alla sua superficie prodotta dal riempimento. Se il voltmetro di cui si dispone per la misura ha sensibilità 10^{-8} Volt e l'esperienza dà per risultato 0, che cosa si può dire sulla differenza di carica fra elettrone e protone?
- 3) Una centrifuga di raggio 10 cm separa due liquidi di un campione di 1 cm^3 nei tempi seguenti, a diverse velocità:

giri al minuto tempo di separazione

1000	40 minuti
2000	10 minuti
5000	1,6 minuti.

Pensando che la separazione derivi solo dalle diverse densità dei due liquidi, quanto tempo ci si aspetta che impieghino i liquidi a separarsi in un recipiente fermo?

- 4) L'accelerazione di gravità al Polo vale $9,8 \text{ m/sec}^2$. Il raggio della Terra è 6300 km. La distanza fra la Terra e il Sole è $149 \cdot 10^6 \text{ km}$. La massa del

Sole è $M = 2 \cdot 10^{33} \text{ g}$. In un anno ci sono $31,1 \cdot 10^6 \text{ sec}$. Qual è la densità della Terra?

- 5) Sapendo che
 - (a) l'esplosione del tritolo è dovuta al passaggio rapido e simultaneo di tutte le molecole da uno stato metastabile ad uno stato stabile;
 - (b) che l'energia tipica di tale stato è circa 2 eV;
 - (c) che il peso molecolare del tritolo è $p = 227$;
 si calcoli quanta energia sviluppa una bomba all'idrogeno da 1000 Megatoni (1 Megatone equivale a 10^6 tonnellate di tritolo).
- 6) In un miliardo di anni il giorno solare si allunga di un'ora circa. La causa essenziale di questo fenomeno sono le maree.
 - (a) Che frazione della sua energia perde la Terra in una rotazione?
 - (b) Dove finisce il momento della quantità di moto perso in questo frenamento? Conseguentemente qual è l'effetto di ciò sull'orbita della Luna, se si suppone in prima approssimazione isolato il sistema Terra–Luna?
- 7) Una sonda viaggia in caduta libera puntando verso il Sole. Essa è schematizzabile come una sbarra di lunghezza $l = 2 \text{ m}$ che si muove restando parallela alla sua velocità \vec{v} .



All'estremità posteriore della sonda si trova una pallina, di massa molto piccola rispetto alla massa della sonda, che gravita sospesa in una scatola vuota.

Si osserva che la pallina è soggetta ad una forza \vec{F} che la spinge verso il retro della sonda. Si spieghi perché esiste questa forza, quanto vale e come dipende dalla distanza della sonda dal Sole.



Anno accademico 1979–1980

- 1) In un solenoide cilindrico di raggio 5 cm, altezza 10 cm, composto di 200 spire, circola ad un certo istante una corrente $i = 1$ mA. Dopo 24 ore la corrente è sempre di 1 mA entro i limiti di precisione dello strumento di misura ($1/10^5$). Il solenoide è cortocircuitato e nel circuito non sono inseriti generatori.
- (i) Quanto vale l'induttanza?
 - (ii) Qual è il tempo caratteristico di smorzamento del circuito?
 - (iii) Che cosa si può dire sulla resistenza del filo?
- 2)(a) Il flusso di energia elettromagnetica del Sole sulla Terra è di $1,4 \text{ kW/m}^2$. Determinare la potenza totale irradiata dal Sole (luminosità del Sole).
- (b) Il flusso Φ di energia elettromagnetica quando incide su un corpo assorbente determina su di questo una pressione P (pressione di radiazione). Trovare la relazione fra Φ e P e calcolare P nel caso del flusso solare sulla Terra. Confrontare questa pressione di radiazione con quella atmosferica.
- (c) Si vuole studiare la possibilità di usare la pressione della radiazione solare come propellente per astronavi. Si consideri una nave spaziale di 10^3 kg. Quanto dovrebbe essere grande la superficie di una "vela" riflettente perché la forza esercitata dalla pressione di radiazione compensi l'attrazione solare?
- (d) Si consideri una sferetta di raggio a e densità ρ completamente assorbente a distanza r dal Sole. Si determini come il rapporto fra la forza dovuta alla pressione di radiazione e quella gravitazionale agente sulla sferetta dipende da a . Si calcoli tale rapporto per una sfera con $a = 3 \cdot 10^{-5}$ cm e $\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$.

3) Il 4 e 5 gennaio 1979 il Sole è passato allo zenith alle ore

12h 04' 47,6" (4 gennaio),

12h 05' 14,7" (5 gennaio);

il 3 e 4 luglio alle ore

12h 03' 52,6" (3 luglio),

12h 04' 03,5" (4 luglio).

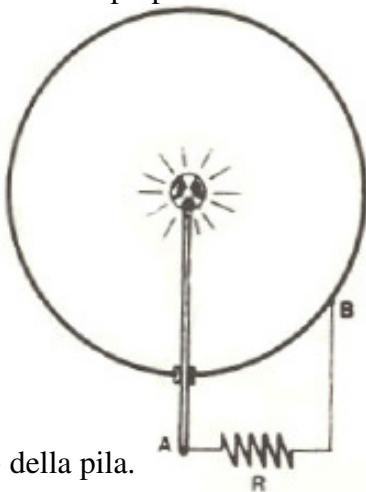
Si sa che in una di queste due date la Terra è all'afelio, nell'altra al perielio.

- (i) In quale delle due date la Terra è all'afelio?
 - (ii) Qual è il rapporto tra la distanza dei fuochi dell'orbita terrestre e il raggio terrestre?
 - (iii) Come si spiega il fatto che nelle due date il giorno solare è più lungo del giorno solare medio che, come è noto, è di 24 ore?
 - (iv) (Facoltativo). È possibile dai dati calcolare l'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'orbita?
- 4)(a) Un filo d'acciaio, teso fra due punti, ha frequenza fondamentale ν . Il filo è spostato dalla posizione di equilibrio e poi rilasciato. Che moto compie?
- (b) Il filo è immerso in un campo magnetico perpendicolare al piano che contiene lo spostamento. A causa del moto del filo si produce ai suoi capi una differenza di potenziale. Perché? Qual è l'andamento temporale di questa differenza di potenziale? Come questo andamento è modificato se la direzione del campo magnetico ruota con velocità angolare ω intorno alla direzione di quiete del filo?



(c) Nel filo immerso nel campo magnetico e inizialmente fermo è inviato un impulso di corrente della durata $\tau \ll 1/v$. Che cosa succede?

5) Al centro di una sfera di piombo cava è posto un preparato radioattivo che emette $n = 10^4$ elettroni al secondo, di energia $w = 10\text{keV}$. Il preparato è sostenuto da un supporto metallico isolato dalla sfera, una estremità del quale è all'esterno della sfera, come in figura. La parte esterna del supporto e la superficie della sfera sono connesse con una resistenza $R = 10^{15}\ \Omega$. Ai capi A, B , della resistenza R si stabilisce una d.d.p. stazionaria, cioè il sistema può funzionare da pila.



Dire:

- Quale delle due estremità A, B , è il polo $+$ della pila.
- Qual è il valore della f.e.m. di questa pila e come essa dipende dai parametri n, w, R .
- Qual è il valore massimo di tale f.e.m. .
- Con i valori dati dei parametri, qual è la frazione della potenza sviluppata nel processo radioattivo che può essere trasferita ad un circuito esterno di resistenza $\rho = R$.
- Quale valore deve avere R affinché la potenza trasferita sia massima?

Tabella di costanti fisiche

Permeabilità magnetica del vuoto nel sistema MKS:

$$\mu = 4\pi 10^{-3} \text{ Henry metro}$$

Velocità della luce: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$

Raggio dell'orbita terrestre: $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$

Costante di Newton: $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{g}^{-1} \text{sec}^{-2}$

Massa del Sole: $M = 2 \cdot 10^{33} \text{ g}$

Inclinazione dell'asse terrestre rispetto alla normale al piano dell'orbita:

$$\beta = 23^\circ$$

Densità della Terra: $\rho = 5,5 \text{ g/cm}^3$

Raggio della Terra: 6300 km

Carica dell'elettrone: $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$

Massa dell'elettrone: $9 \cdot 10^{-28} \text{ g}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$

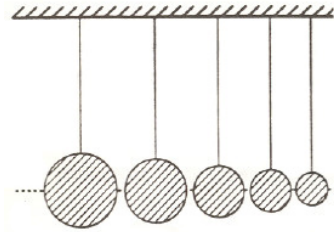
Costante di Planck: $h = 1,05 \cdot 10^{-27} \text{ erg sec.}$

Tra queste costanti si trovano quelle rilevanti alle soluzioni dei problemi.



Anno accademico 1980–1981

- 1) Si consideri un sistema di n palline sospese in quiete con i baricentri lungo una linea orizzontale l e ad una distanza l una dall'altra piccola rispetto alla lunghezza dei fili di sospensione (vedi figura).



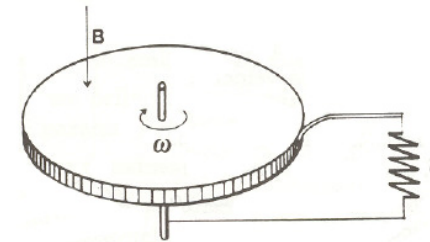
La prima pallina abbia massa am , la seconda a^2m , la terza a^3m , ecc. . Una pallina proiettile di massa m e velocità v urta, muovendosi lungo l , la prima pallina sospesa provocando una serie di urti successivi. Supponendo che le collisioni siano perfettamente elastiche, calcolare la velocità e l'energia cinetica dell'ennesima pallina. Si confronti con il caso di urto diretto *proiettile-ennesima pallina* esaminando in particolare il caso in cui a è prossimo a 1.

- 2) C'è di fronte a noi una fontana con venti ugelli rivolti verso l'alto. Con il contatore dell'acqua determiniamo che la portata della fontana è di 4 litri al secondo e sappiamo che la pompa che la alimenta ha la potenza di 1 kwatt. A vista stimiamo che l'altezza raggiunta dai getti d'acqua sia di $5 \pm 0,5$ metri.

Ci chiediamo quale sia la sezione degli ugelli e quale sia l'efficienza della pompa (il serbatoio da cui viene attinta l'acqua è praticamente alla stessa altezza degli ugelli). Dare una stima degli errori sulle grandezze calcolate.

- 3) Sapendo che un cristallo di sale da cucina si scioglie nell'acqua a temperatura ambiente, determinare un limite inferiore ed uno superiore per l'energia di legame degli ioni nel cristallo. Si determinino inoltre i limiti sulla temperatura di ebollizione del sale fuso.
- 4) Un disco di rame, con raggio di 0,5 m, ruota con velocità angolare $\omega = 10^2$ radianti/s.

- (a) Ricordando che la struttura del rame è quella di un conduttore in cui una parte degli elettroni sono liberi di muoversi rispetto ad un reticolo cristallino rigido, calcolare la differenza di potenziale che si stabilisce fra il centro ed il bordo del disco.
- (b) In aggiunta si accende ora un campo magnetico uniforme B perpendicolare al piano del disco. Determinare il verso e l'intensità del campo magnetico per i quali il centro del disco ed il bordo sono allo stesso potenziale.
- (c) Si pone ora il disco in un campo magnetico $B = 100$ Gauss e si collega il centro del disco alla periferia attraverso un filo di resistenza $1/10$ ohm che striscia sul disco (vedi figura).



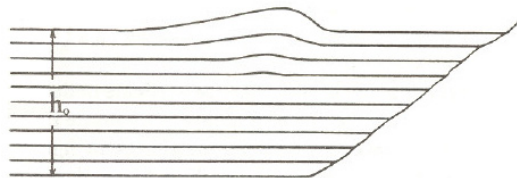
Il filo non partecipa alla rotazione del disco. Quant'è la potenza necessaria a mantenere il disco in rotazione con velocità angolare $\omega = 10^2$ rad/s?

- 5) Le onde del mare sono onde di superficie in cui la gravità agisce come forza di richiamo.
- (a) Si consideri un'onda di frequenza ω e di lunghezza d'onda λ che si propaga in un mare di profondità infinita. Sapendo che ω dipende dalla accelerazione di gravità g , si deduca con argomenti dimensionali, cioè a



meno di fattori numerici, l'espressione della velocità v_∞ di propagazione di queste onde.

- (b) Quando la lunghezza d'onda non è piccola rispetto alla profondità del mare, la velocità di propagazione v è minore di v_∞ e non può superare una velocità limite v_L indipendente da ω e λ , ma dipendente dalla profondità del mare. Si determini, ancora con ragionamenti dimensionali, l'espressione di v_L .
- (c) Si ponga $v = v_\infty f(v_\infty/v_L)$, dove f è una funzione non determinabile con i ragionamenti dimensionali usati fino ad ora. Si discuta il comportamento di f per $v_\infty \gg v_L$ e $v_\infty \ll v_L$.
- (d) Si consideri un'onda di frequenza ω che si propaga nella direzione x , perpendicolarmente alla riva, in un mare la cui profondità sia dapprima costante ed uguale ad h_0 e poi, per l'avvicinarsi della riva, diminuisca gradualmente come funzione di x (vedi figura). Sapendo che ω si mantiene costante, si dica qualitativamente come variano λ e v all'avvicinarsi dell'onda a riva. Si considerino esplicitamente i due casi in cui, lontano dalla riva, $\lambda \ll h_0$ e quello in cui $\lambda \gg h_0$.



(Si supponga che la variazione del fondale sia molto lenta di modo che l'espressione della velocità di propagazione, determinata precedentemente, rimanga valida punto per punto).

- (e) Si supponga che l'onda incida obliquamente sulla riva, sicché la profondità dipenda sia da x (lungo la cui direzione l'onda si propaga) che da y , cioè dall'altra coordinata nel piano orizzontale. Quale nuovo fenomeno si produce? Ne esiste un analogo ottico?

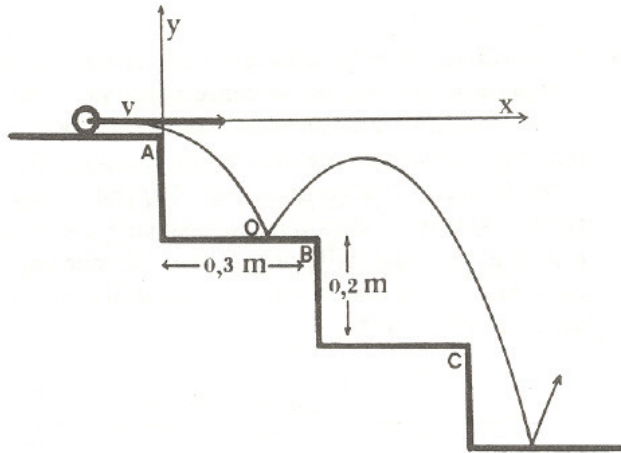


Anno accademico 1981–1982

Dissertazione: Descrivere concisamente (si consiglia un limite di tre facciate) le caratteristiche dei tre stati di aggregazione della materia e le trasformazioni tra di essi.

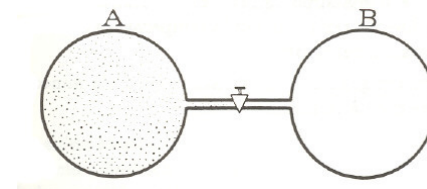
Risolvere cinque dei seguenti problemi

- 1) Una pallina (che si suppone di dimensioni trascurabili) si sposta orizzontalmente sul pianerottolo di una scala a tre gradini con velocità $v_0 = 1 \text{ m/sec}$, come indicato nella figura.



Se nel rimbalzo la componente verticale della velocità si riduce di un fattore f e la componente orizzontale rimane inalterata, tenendo conto dei dati geometrici della figura, determinare il valore di f per cui la pallina tocca il suolo alla minima distanza dall'ultimo gradino.

- 2) Un elicottero del peso di 20 quintali sta sospeso nell'aria per la rotazione delle pale di lunghezza 2 m. Senza tener conto della forma specifica delle pale rotanti, si dia una valutazione approssimata della velocità dell'aria spinta in basso e della potenza fornita dal motore dell'elicottero. (Si ricordi che la densità dell'aria è $1,3 \text{ kg/m}^3$).
- 3) Un pallone di tela floscio e inestensibile di volume massimo V_0 e di massa, a vuoto, M_p viene parzialmente riempito di elio.
- Determinare la minima quantità di elio necessaria perché il pallone si sollevi. (Il rapporto tra il peso specifico dell'aria e quello dell'elio sia 7,2).
 - Si esprima, in funzione della densità d'aria ρ_0 , il valore massimo di M_p che consente al pallone di salire.
 - Supponendo che la densità dell'aria vari con legge lineare $\rho(z) = \rho_0(1 - \frac{z}{h})$ in funzione dell'altezza z , determinare la massima altezza a cui può arrivare il pallone.
- 4) Nel settore A del recipiente disegnato in figura è contenuta una certa quantità di gas mentre il settore B è vuoto. Supponendo il recipiente termicamente isolato, si lasci espandere il gas in modo da occupare tutto il recipiente. Si chiede di spiegare come varia la temperatura nei due casi di gas perfetto e di gas reale (con attrazione tra le molecole non trascurabile).



5) Si supponga che lo spettro solare (intensità di irraggiamento per unità di frequenza in funzione della frequenza) sia rappresentabile in unità opportune da una semicirconferenza con gli estremi alle lunghezze d'onda di 10^{-4} cm e di 10^{-5} cm. Si consideri un assorbitore selettivo che assorba tutta la radiazione di lunghezza d'onda inferiore a $4 \cdot 10^{-5}$ cm. Determinare il rendimento di tale convertitore solare, supponendo che tutta l'energia assorbita possa essere utilizzata.

6) Tra le piastre di un condensatore sia applicata la differenza di potenziale V . Elettroni di massa m e carica e vengono emessi da un punto del catodo con energia cinetica ε .

- (i) Determinare la massima distanza dalla perpendicolare a cui un elettrone può raggiungere l'anodo.
- (ii) Si applichi un campo magnetico \vec{B} perpendicolare alle piastre e si determinino i valori del campo magnetico per cui gli elettroni raggiungono il punto A . (Si ricordi che la forza esercitata dal campo magnetico è

$$\vec{F} = \frac{e}{c} \vec{v} \wedge \vec{B}$$

e si trascuri la componente verticale della velocità iniziale.)

7) Si consideri un circuito formato da un generatore di corrente I e da una resistenza R . La resistenza dipenda dalla temperatura con la legge $R = R_0 \left(1 + \left(\frac{T}{T_0}\right)^2\right)$.

Il conduttore disperde calore con legge $P = K(T - T_1)$, dove P è il calore dissipato per unità di tempo, T_1 è la temperatura dell'ambiente e K una costante tipica del materiale.

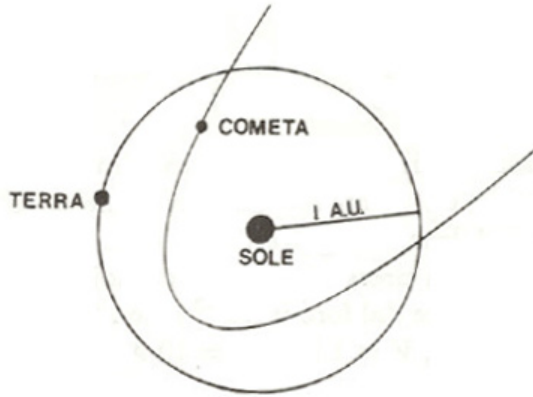
- (i) Qual è il massimo valore della corrente I_{\max} per cui è possibile un regime in cui la temperatura della resistenza è costante nel tempo?
- (ii) Discutere graficamente il caso in cui I sia minore di I_{\max} e dire qual è la soluzione stabile.

1) Nel gioco del baseball gli “home run”, cioè le situazioni in cui la palla viene scagliata al di fuori del campo di gioco, sono relativamente frequenti. È sensato immaginare che l'energia utilizzata in un tiro di baseball sia vicina a quella utilizzata da un giocatore di calcio in un tiro in porta. Considerando che le dimensioni di un campo di baseball e di calcio sono analoghe (lunghezza tipica m 100) e che la palla da baseball pesa circa 1/3 della palla del gioco del calcio, rispondere alle seguenti domande:

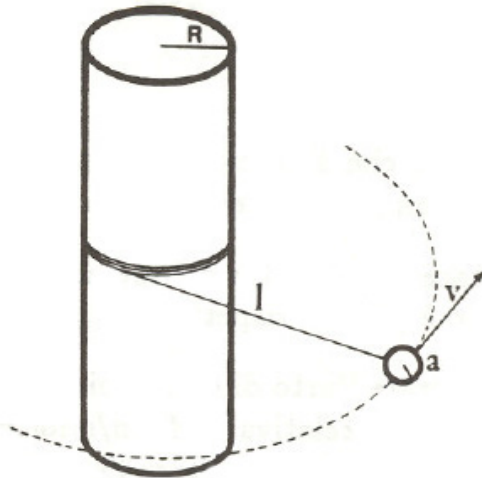
- (a) come si potrebbe stimare la velocità tipica di un tiro in porta nel gioco del calcio?
- (b) si è valutato che il giocatore Eder del Brasile sia in grado di lanciare il pallone con velocità $v \simeq 170$ km/h. Quant'è l'energia dei suoi tiri rispetto a un tiro medio, così come stimato in (a)?

2) La cometa di Halley è stata vista l'ultima volta nel 1910 e si ripresenterà fra pochi anni. Tenendo presente che la cometa è visibile solo quando passa vicino all'orbita terrestre, dire qual è approssimativamente (con una precisione migliore del 5%) la distanza massima dal Sole raggiunta dalla cometa nella sua orbita, in unità astronomiche (la lunghezza del raggio medio dell'orbita terrestre è una unità astronomica).





- 3) Una pallina sferica di raggio $a = 1$ cm si muove intorno a un piolo liscio cilindrico di raggio $R = 40$ cm (su un piano liscio, così che gravità e attrito non agiscono) con velocità iniziale $v_0 = 8$ m/s, come indicato in figura.



La pallina è costretta ad avvolgersi intorno al piolo perché trattenuta da un filo di massa e sezione trascurabili inchiodato al piolo stesso. Si ripetono numerose prove nelle condizioni sopra indicate, ma con palline di densità diversa. Si trova che negli esperimenti con palline di massa superiore a 30 grammi il filo si rompe prima che la pallina colpisca il piolo.

- Man mano che il filo si avvolge, la lunghezza l della parte del filo che rimane da avvolgere diminuisce nel tempo. Qual è il valore l_{\min} di tale lunghezza che si ottiene quando la pallina colpisce il piolo?
- Il filo usato negli esperimenti può essere usato per sostenere il carico di un peso di 2,5 kg?
- Per una pallina leggera, così da non rompere il filo, dopo quanto tempo avviene l'urto della pallina sul piolo, se inizialmente la lunghezza del filo è $l_0 = 16$ m?

Suggerimento: si provi a scrivere la dipendenza dal tempo dell'area del cerchio di raggio $(l + a)$.

- Una massa M di elio, considerato come un gas perfetto, è contenuta in un volume V alla pressione p . Un piccolo foro di sezione A lascia sfuggire il gas verso l'esterno ove si può assumere che la pressione sia trascurabile. Valutare quanta massa di gas esce dal foro in 10^{-3} secondi, facendo il caso numerico $M = 1$ g, $V = 1$ litro, $p = 10$ Atmosfere e $A = 1$ mm².
- Si consideri un sistema costituito da "nubi" di idrogeno atomico in un mezzo meno denso e più caldo. Si faccia l'ipotesi che lo scambio di calore tra le nubi e l'esterno sia trascurabile. Il presente modello è, sotto alcuni aspetti, analogo a un modello proposto per il mezzo interstellare. Si consideri una nube sferica, in equilibrio, di raggio $R \simeq 10^{19}$ cm, di densità $n \simeq 10$ atomi/cm³ e di temperatura media $T \simeq 100$ °K.



- (a) Mostrare che le forze gravitazionali interne alla nube stessa non hanno rilevanza per l'equilibrio.
 - (b) Valutare la pressione del mezzo circostante ed osservare quanto è piccola rispetto alla pressione atmosferica.
 - (c) Considerare l'urto di due nubi identiche che si scontrino con velocità relativa di 4 km/s formando un'unica nube di massa doppia e valutare l'energia sviluppata.
 - (d) Stimare volume e temperatura della nube così formata, nell'ipotesi che l'energia liberata sia tutta utilizzata a innalzare la temperatura della nube.
- 6) Si consideri una sottile lamina di vetro di spessore uniforme d e indice di rifrazione $n = 1,41$ e si incida su di essa con un raggio laser di lunghezza d'onda 10600 \AA .
- (a) Supponendo di poter variare lo spessore della lamina, determinare il minimo spessore in corrispondenza del quale l'intensità della luce riflessa a incidenza normale è massima.
 - (b) Per quello stesso spessore, dire come varia l'intensità all'aumentare dell'angolo di incidenza.

- 1) Una molecola di gas percorre in media una distanza l prima di urtare un'altra molecola. Si dimostri che, a basse densità, l è direttamente proporzionale alla temperatura T e inversamente alla pressione P del gas. Si determini il raggio delle molecole del gas sapendo che a $T = 300^\circ\text{K}$ e $P = 33\text{ dyne/cm}^2$ la lunghezza l è di 5 cm .
- 2) Una rotaia è divisa in segmenti di lunghezza $L = 50\text{ m}$. La distanza tra segmento e segmento è di 5 cm a -10°C , o minore di questa quando la temperatura è più alta. La segmentazione ha lo scopo di "controllare" gli effetti della dilatazione termica.
Si valuti:
 - (i) quale sarebbe la massima altezza raggiungibile da un singolo segmento se fosse bloccato agli estremi;
 - (ii) l'ordine di grandezza del coefficiente di dilatazione lineare per il materiale di cui è costituita la rotaia.
- 3) Il moto delle stelle nel disco della nostra galassia è con buona approssimazione una rotazione differenziale, cioè le stelle ruotano intorno al centro galattico con una velocità angolare $\Omega(R)$ che dipende dalla distanza R della stella dal centro della galassia. Sia



$$\Omega(R) = \Omega(R_0) + 2A \left(\frac{R - R_0}{R_0} \right),$$

ove A è una costante ed R_0 indica la distanza del Sole dal centro galattico. Si dimostri che, per stelle S vicine al Sole (cioè tali che $r \ll R_0$, vedi figura), la proiezione v_r della *velocità relativa* delle stelle rispetto al Sole lungo la congiungente stella-Sole segue la legge

$$v_r \sim A r \sin(2\theta),$$

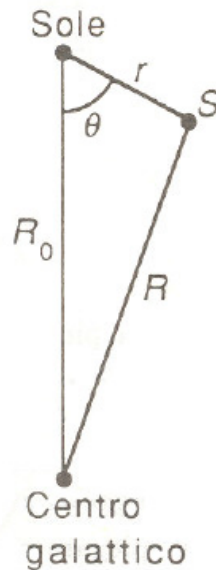
dove θ è l'angolo definito in figura.

Facoltativo. Si discuta brevemente che tipo di osservazioni possono condurre alla verifica della legge e quindi alla *misura* di A .

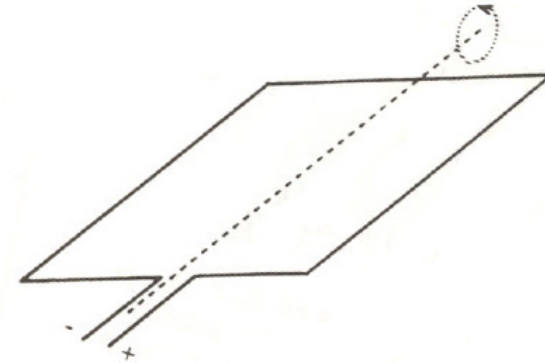
Nota. In questo problema vengono percorsi i passi essenziali che consentono a J. Oort (1927) di provare che il moto nella nostra galassia è una rotazione differenziale.

4) Un fotone di frequenza ν ha energia $h\nu$ e impulso $\frac{h\nu}{c}$ parallelo alla direzione di moto (h è la costante di Planck, c è la velocità della luce).

- Se un fotone incide su un corpo fermo di massa m e viene riflesso all'indietro, che energia e che impulso esso cede al corpo?
- Per "fotografare" un elettrone in un atomo di idrogeno occorre colpirlo con un fotone di lunghezza d'onda minore o uguale al raggio atomico r ($r = 5 \cdot 10^{-9}$ cm). Si mostri sulla base dei risultati ottenuti in (a) che, in tal caso, l'atomo si ionizza.



5) Si mostri che un campo magnetico non può compiere lavoro su una carica in movimento. In un motore elettrico chi fornisce energia, e con quale meccanismo? Si illustri il principio del motore elettrico tramite una spira rotante all'interno di un opportuno campo magnetico.



6(a) Un piccolo corpo paramagnetico viene attratto sia dal polo nord che dal polo sud di una calamita, un piccolo corpo diamagnetico viene respinto.

(b) In un campo magnetico uniforme, entrambi i corpi sono soggetti a forze nulle.

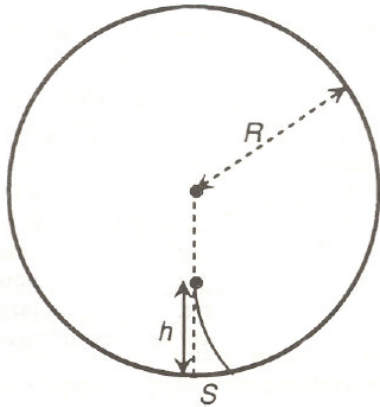
Per spiegare questi due fatti, si supponga che l'effetto della presenza del corpo nel campo magnetico sia schematizzabile come un cambiamento dell'energia per unità di volume del campo magnetico nella regione occupata dal corpo rispetto alla situazione in cui il corpo è assente.

- Si dica, per i due tipi di corpo, se l'energia per unità di volume è maggiore o minore che nel vuoto.
- Si spieghi l'osservazione (b).

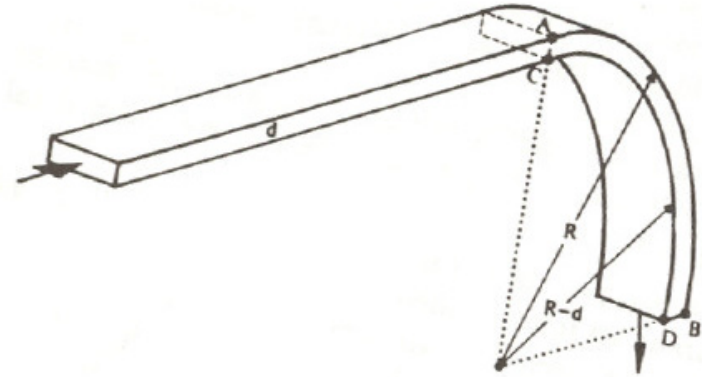


Anno accademico 1984–1985

- 1) Nel romanzo di fantascienza *Rendezvous with Rama* di A.C. Clarke viene descritta una astronave non soggetta a forze di masse vicine, di forma cilindrica, cava (raggio del cilindro R), la quale ruota intorno al proprio asse con velocità angolare costante ω . L'interno dell'astronave assomiglia ad un pianeta "rovesciato": sul lato interno della superficie del cilindro ci sono mari e terre emerse. Alcuni terrestri, riusciti a penetrare nell'astronave, si meravigliano notando una cascata d'acqua che, sgorgando da un "monte", "cade" in uno dei mari incurvandosi da un lato.
- (a) Si spieghi il motivo della inclinazione della cascata.
- (b) Detta h la sua altezza (vedi figura), si determini la lunghezza dell'arco S tra il piede della verticale e il punto di caduta dell'acqua nel caso $h = R/2$. Si suggerisce di utilizzare per il calcolo un sistema inerziale.



- 2) Una bolla d'aria sale lentamente in un liquido viscoso di densità 2g/cm^3 , mantenendo inalterata la propria temperatura. Se il raggio della bolla ad una profondità di 5m è di $0,3\text{cm}$, qual è il suo raggio quando arriva alla superficie del liquido?
(Si ignori l'effetto della tensione superficiale).
- 3) Una guida di luce è costituita da una lastra di materiale trasparente a sezione rettangolare, di spessore d , incurvata come in figura. I tratti AB e CD sono archi di cerchio concentrici di raggi R e $R - d$. Sia $n = 1,5$ l'indice di rifrazione del materiale rispetto all'aria. Se d vale $0,5\text{cm}$, quale deve essere il minimo valore di R affinché tutti i raggi di luce che entrano nella guida, paralleli alle facce, siano trasmessi all'altro capo della guida?
Come cambia la risposta se la guida deve funzionare immersa in un liquido il cui indice di rifrazione rispetto all'aria è $1,3$?



- 4) Due palle di egual massa si muovono senza attrito su un biliardo. Gli urti tra le due palle e con le sponde sono perfettamente elastici.



Le velocità iniziali delle due palle, in metri al secondo, sono riassunte nella tabella seguente

	v_x	v_y
palla 1	1	3
palla 2	1	5

dove v_x e v_y sono rispettivamente le componenti delle velocità nella direzione della lunghezza e della larghezza del biliardo. Ad un tempo successivo vengono misurate le velocità delle palle.

- (a) Se nel frattempo le palle non hanno mai urtato tra di loro, ma solo con le sponde, quale delle tre tabelle che seguono può rappresentare il risultato della misura? (Giustificare la risposta).

A	B	C
-1 5	1 -3	-3 4
-1 3	-1 5	1 4

- (b) Quale altra tabella fra le precedenti può rappresentare il risultato della misura se non si esclude che sia avvenuto almeno un urto tra le palle oltre ad eventuali urti con le sponde?
- (c) Ricostruire, per ognuna delle tabelle compatibili con la domanda (b), una possibile sequenza di urti.
- 5) Una molecola è costituita da due atomi di massa m . Il valore della forza che si esercita fra i due atomi, in funzione della loro distanza r , è data da

$$F = c \left(-\frac{b}{r^2} + \frac{b^2}{r^3} \right),$$

dove c e b sono costanti positive. Si conviene che $F < 0$ corrisponde ad attrazione fra gli atomi, e $F > 0$ a repulsione. Per semplicità si supponga che il moto dei due atomi possa avvenire solo lungo la loro congiungente.

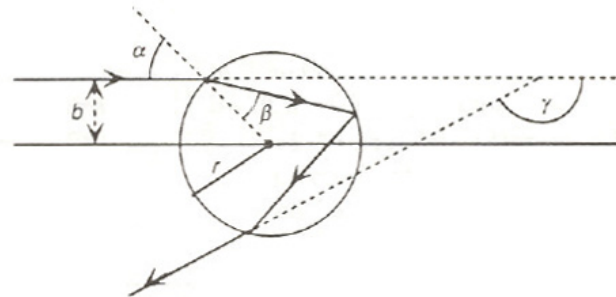
- (a) Trovare la distanza d'equilibrio r_0 fra i due atomi.
- (b) Calcolare la forza di richiamo fra i due atomi per spostamenti $\Delta r \ll r_0$ attorno alla posizione di equilibrio r_0 , trascurando i termini di ordine $(\Delta r)^2$, $(\Delta r)^3$, ecc..
(Si consiglia di approssimare $\frac{1}{1+\varepsilon}$ con $1 - \varepsilon$).
- (c) Calcolare il periodo delle piccole oscillazioni ($\Delta r \ll r_0$) della molecola attorno alla posizione di equilibrio, prendendo $b = 10^{-8}$ cm, $c = 4 \cdot 10^{-12}$ erg.
- (d) Se la molecola emette o assorbe radiazione elettromagnetica di frequenza eguale alla propria frequenza di oscillazione, in quale regione dello spettro si trova la radiazione emessa o assorbita dalla molecola?
- (e) Quant'è l'energia necessaria per dissociare una molecola i cui atomi si trovino alla distanza di equilibrio?
- (f) Si confronti l'energia di dissociazione della molecola con la sua energia termica a temperatura ambiente.
- 6) Un fluido uniforme di densità ρ occupa una sfera di raggio R che varia con il tempo. Le "molecole" del fluido si attraggono con forza gravitazionale, e si allontanano dal centro con velocità $v = Hr$, dove r è la distanza dal centro ed H dipende solo dal tempo.
- (i) Si dimostri che il rapporto v/v_0 , tra la velocità v e la velocità di fuga v_0 —cioè la minima velocità che una "molecola" a distanza r deve avere per poter sfuggire alla attrazione gravitazionale—, è indipendente da r .
- (ii) Si determini la densità ρ_0 per cui $v = v_0$.



- (iii) Si determini l'energia totale E_0 di una “molecola” quando $v = v_0$.
Come si comporta il fluido quando l'energia E della “molecola” è maggiore o minore di E_0 ?
- (iv) Indicato con $R(t)$ il valore del raggio della sfera al tempo t , e supposto $v = v_0$, si esprima la velocità $v(t)$ al tempo t in funzione del raggio $R(t)$ e della massa totale M del fluido.
- (v) Si dimostri che il tempo $t_2 - t_1$, occorrente perché il raggio passi dal valore $R(t_1)$ al valore $R(t_2)$, è inversamente proporzionale alla radice quadrata della massa.

Questo problema rappresenta una schematizzazione del processo di espansione dell'universo.

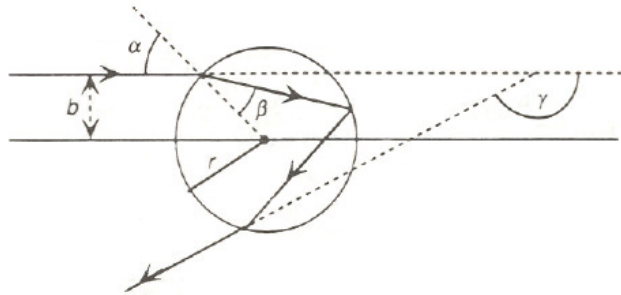
- 1) Un gruppo di speleologi si trova su un altopiano con duecento metri di strapiombo sul mare e deve determinare la profondità di una grotta sul cui fondo scorre l'acqua. Dispone di un cronometro sensibile al decimo di secondo e di alcuni ciotoli. Dire come il gruppo può determinare la velocità del suono (330 m/s), e poi la profondità della grotta. Dare un esempio numerico e stimare l'errore massimo commesso a causa dell'imprecisione nella misura del tempo.
- 2) Uno skilift consiste di una corda con appesi dei sostegni a cui gli sciatori si attaccano per risalire le piste. La corda compie un circuito chiuso tra la stazione in basso e quella in alto.
La lunghezza dello skilift è di 1 km, la pendenza media è del 30%, l'attrito degli sci produce una forza proporzionale al peso con coefficiente $\eta = 0,1$. Si sa che, in alta stagione, arrivano in cima anche 10 sciatori al minuto del peso medio di 70 kg. Quale deve essere la potenza minima del motore?
- 3) Un fascio di raggi di luce di frequenza fissata, paralleli tra loro, illumina un goccia di raggio r di un liquido trasparente che li rifrange e riflette come illustrato in figura.



- (a) Si scriva la relazione che lega l'angolo di deflessione γ all'angolo di incidenza α e all'angolo di rifrazione β e quella che lega β ad α .
- (b) Si scriva la relazione tra α e la distanza b tra il raggio incidente considerato e il raggio che passa per il centro della goccia.
- (c) Usando la relazione approssimata

$$\sin(x + \delta) = \sin x + \delta \cos x,$$

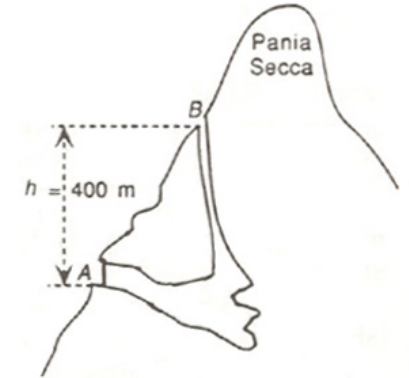
valida per piccoli valori di δ (gli angoli si prendono misurati in radianti), si determini la differenza $\Delta\gamma$ tra gli angoli di deflessione di due raggi a distanza Δb .



- (d) Si dimostri che, se l'indice di rifrazione n del liquido è compreso tra 1 e 2, l'intensità della luce deflessa per unità di angolo diventa infinita per uno speciale valore di b che dipende da n . Si determini questo valore in funzione di n e il corrispondente valore di γ .
Si osservi che questo fatto si verifica per quel valore di b per cui $\Delta\gamma$ è zero per Δb diverso da zero e se ne giustifichi la ragione.
- (e) Si usino i risultati ottenuti per spiegare il fenomeno dell'arcobaleno. A quale angolo si vede l'arcobaleno con $n_{\text{H}_2\text{O}} = 1,33$? Dato che l'indice di

rifrazione cresce con la frequenza, qual è l'ordine dei colori a partire dal basso?

- 4) La "Grotta del Vento" in Garfagnana si estende sotto il monte Pania Secca ed ha una planimetria che possiamo schematizzare come in figura. La grotta prende il nome dal forte vento che in estate ed in inverno soffia attraverso l'entrata A ed il "camino" B . L'entrata A è normalmente chiusa da una porta che blocca il vento. Il camino B è sempre aperto. Il passaggio del vento è dovuto alla differenza di pressione prodotta dalla differenza di temperatura tra l'esterno e l'interno. All'interno la temperatura è costante (11°C) durante tutto l'anno, mentre all'esterno varia con le stagioni.



- (i) Quando i visitatori entrano nella grotta e si apre la porta A , in che direzione soffia il vento in estate ed in inverno?
- (ii) Si calcoli ora approssimativamente la pressione che si esercita sulla porta in A (chiusa) in una calda giornata d'estate, tenendo conto che B è circa 400 metri più in alto di A .
Per semplicità si assuma che la temperatura all'esterno non dipenda dall'altezza e che la pressione p vari linearmente con l'altezza z con una legge del tipo

$$p = p_0(1 - \alpha z), \quad \alpha > 0,$$

valida purché $\alpha h \ll 1$, $h = 400\text{ m}$.

Il parametro α si determina imponendo che la variazione di pressione sia dovuta al peso dell'aria.



(iii) Come cambia il punto (ii) se si tiene conto della differenza di umidità tra l'interno e l'esterno?

Dissertazione: Dire in poche frasi quali fatti sperimentali hanno condotto alla descrizione unificata dei fenomeni elettrici e magnetici.

Costanti fisiche

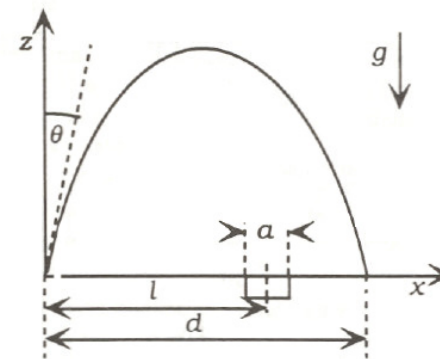
Costante di Boltzmann: $\simeq 1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg}/^\circ\text{K}$

Costante dei gas: $\simeq 8,31 \cdot 10^7 \text{ erg}/^\circ\text{K mole}$

Numero di Avogadro: $\simeq 6 \cdot 10^{23}$.

Anno accademico 1986–1987

1) Un ragazzo lancia un sasso con velocità iniziale v_0 e con angolo di elevazione θ del tutto casuale. Davanti a lui c'è una buca nel terreno di lunghezza a , a distanza l , come indicato in figura.



Assumendo che i lanci avvengano tutti nello stesso piano verticale, passante per il centro della buca, si calcoli la probabilità che il sasso cada nella buca.

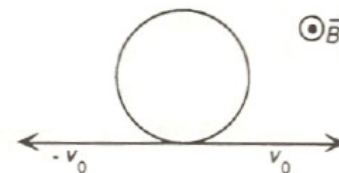
Si usino i seguenti dati numerici

$$v_0 = 10 \text{ m/s}, \quad a = 20 \text{ cm}, \\ l = 5 \text{ m} \quad \text{ed} \quad l = 15 \text{ m}.$$

(Si consiglia di esprimere graficamente la gittata d in funzione di θ).

2) In presenza di un campo magnetico uniforme B_0 , un filo elettrico di resistenza R , inizialmente avvolto a cappio come in figura, viene tirato agli estremi a velocità costante v_0 .

Si assuma che la forma del cappio sia e rimanga circolare e che il campo magnetico sia perpendicolare al piano dove giace il cappio.



(i) Qual è la quantità totale di carica Q che ha percorso il cappio fino a quando esso è scomparso?

(ii) Qual è l'andamento temporale della corrente $I(t)$ durante il processo?

3) Alla parete superiore di un contenitore è appeso un pendolo di lunghezza $l = 0,1$ m. Si sa che il contenitore *non* è inclinato, cioè che la parete superiore è orizzontale (perpendicolare alla accelerazione di gravità terrestre—si prenda $g = 10 \text{ m/s}^2$). Si considerino ora le tre situazioni seguenti.

(i) Il pendolo oscilla con periodo

$$T_0 = \frac{\pi}{5} \text{ s}$$

intorno all'asse verticale.

(ii) Il pendolo oscilla con periodo

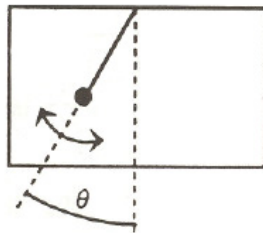
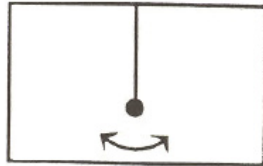
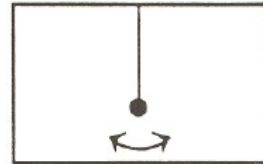
$$T_1 = \frac{\pi}{10} \text{ s}$$

intorno all'asse verticale.

(iii) Il pendolo oscilla con periodo

$$T_2 = T_0 \sqrt{\cos \theta}$$

intorno a un asse inclinato (verso sinistra) di un angolo θ rispetto all'asse verticale.



Cosa si può dire sul moto del contenitore, riferito ad un sistema solidale con la Terra, nei tre casi?

4) Osservazioni radio di galassie indicano la presenza di tracce di gas in zone ben al di fuori dell'immagine ottica delle galassie stesse. In tali zone le particelle di gas orbitano di moto circolare uniforme intorno al centro delle galassie con velocità v indipendente dalla distanza r dal centro, secondo la legge:

$$(a) \quad v(r) = v_0.$$

(i) Nell'ipotesi semplificatrice che la distribuzione di massa delle galassie sia a simmetria sferica, si dica quale vincolo impone la condizione (a) sulla distribuzione di massa. (È conveniente utilizzare la funzione $M(r)$ che indica la massa contenuta entro il raggio r).

(ii) Si supponga che la forza di attrazione gravitazionale sia modificata su grande scala cosicché una massa puntiforme M attrai una particella di massa m a distanza r secondo la legge

$$(b) \quad F = -G \frac{Mm}{r^2} f\left(\frac{r}{\lambda}\right),$$

con λ scala di lunghezza assegnata e $f\left(\frac{r}{\lambda}\right) \approx 1$ per $r \ll \lambda$. Si scelga una semplice funzione f tale che per $r \gg \lambda$ la formula (b) sia compatibile con la (a) (nell'ipotesi semplificatrice, in questo caso, che la massa della galassia sia tutta concentrata in un punto).

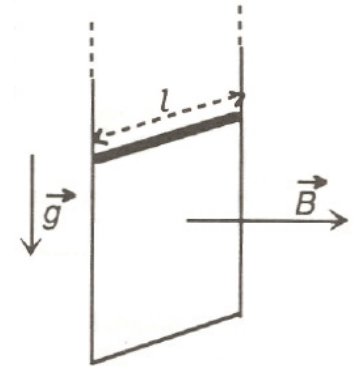
(iii) Quale massa M si ricava dalla discussione (ii) per $\lambda = 3000$ anni-luce, $v_0 = 200 \text{ km/s}$ (si esprima M in masse solari, ricordando che la Terra ruota a circa 8 minuti-luce dal Sole a 30 km/s)?

(iv) Quale precisione su misure di gravità su scala planetaria si richiederebbe per rivelare una deviazione dalla legge di Newton del tipo (b) usando i dati di (iii)?



5) Si dispone di una lamina conduttrice rettangolare, che a tutti gli effetti può essere considerata infinitamente sottile, percorsa da una corrente i_x nella direzione del lato maggiore. La corrente è dovuta al solo moto degli elettroni e può essere variata a piacere dall'esterno. Un campo magnetico B_z uniforme su tutta la lamina, perpendicolare ad essa e variabile anch'esso dall'esterno, genera una differenza di potenziale V_y tra i lati lunghi della lamina. Spiegare come le misure di B_z e di V_y consentano di determinare la densità di elettroni del metallo per unità di superficie e descrivere una possibile procedura sperimentale.

- 1) Una sbarretta metallica orizzontale di massa m , lunghezza l e resistenza R , può scorrere senza attrito lungo una guida metallica verticale di resistenza trascurabile, chiusa ad un estremo (vedi figura). Il sistema è immerso in un campo magnetico orizzontale uniforme e costante \vec{B} . La sbarretta, lasciata cadere, si porta rapidamente ad una velocità costante. Determinare il valore di tale velocità. Determinare inoltre la potenza dissipata nella sbarretta.



- 2) Si chiamano “pulsar” stelle la cui luminosità oscilla rapidamente nel tempo a causa della loro rotazione. Si pensa che esse risultino dal collasso gravitazionale di stelle con caratteristiche simili a quelle del Sole (il raggio del Sole è circa 700.000 km, il periodo di rotazione circa 25 giorni, il campo magnetico qualche Gauss, e la massa circa $2 \cdot 10^{30}$ kg).
- (a) Si trovi il valore minimo della densità di una “pulsar” compatibile con il suo periodo di rotazione.
- (b) La “pulsar” PSR1937+214 ha periodo di circa un millisecondo. Si determini il suo raggio, assumendo che nel collasso il momento angolare della stella si conservi. Si determini inoltre il campo magnetico (medio) all'interno della “pulsar”, assumendo che nel collasso il flusso del campo magnetico concatenato con la sezione massima della stella si conservi.
- 3)(i) I solidi possono avere masse e forme assai diverse. Un solido è tenuto assieme principalmente da forze elettromagnetiche, e l'energia ϵ occorren-

te per separare un atomo del solido è indipendente dalla massa del solido stesso. Valutate approssimativamente ε sulla base di qualche fenomeno a voi noto.

- (ii) A differenza dei solidi, le stelle ed i pianeti hanno con ottima approssimazione forma sferica. Le forze che tengono assieme questi corpi sono principalmente quelle gravitazionali. Si determini l'energia w occorrente per portare dalla superficie di una stella all'infinito una particella di massa m . Si commenti sull'origine fisica di possibili differenze dal caso (i).
- (iii) Servendosi dei risultati ottenuti in (i) e (ii), determinare la massa M_c di una sfera, composta di atomi di massa m , per la quale $\varepsilon = w$, nel caso in cui $m = 50 \cdot$ (massa del protone) e la densità della sfera sia $\rho = 8000 \text{ kg m}^{-3}$.
Quali sono le caratteristiche geometriche dei corpi con masse minori o maggiori di M_c ? Quali possono essere le forme degli asteroidi e dei nuclei delle comete?

4) Una carica elettrica e con accelerazione a emette onde elettromagnetiche. La potenza per unità di superficie ricevuta nel punto O (vedi Figura 1) è

$$S = \frac{e^2}{4\pi c^3} \frac{\sin^2 \theta}{r^2} a^2,$$

dove c è la velocità della luce ed r e a sono i moduli di \vec{r} e \vec{a} rispettivamente.

- (i) Un'antenna è percorsa da una corrente alternata di frequenza ω . Come varia la potenza emessa in funzione di ω ?

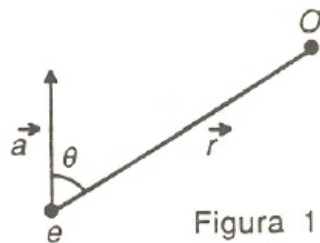


Figura 1

- (ii) Gli elettroni di un atomo esposti alla radiazione elettromagnetica si comportano come oscillatori forzati. Usate questo fatto per spiegare
 - (a) perché il cielo ci appare azzurro,
 - (b) perché al loro sorgere e tramontare il Sole e la Luna ci appaiono rossi.
- (iii) Nel 1965, a dieci anni dalla scoperta dei raggi X, non si conosceva ancora con sicurezza la loro natura. Barkla effettuò un esperimento che dimostrò che essi avevano una proprietà in comune con le onde luminose. L'esperimento è schematizzato nella Figura 2.

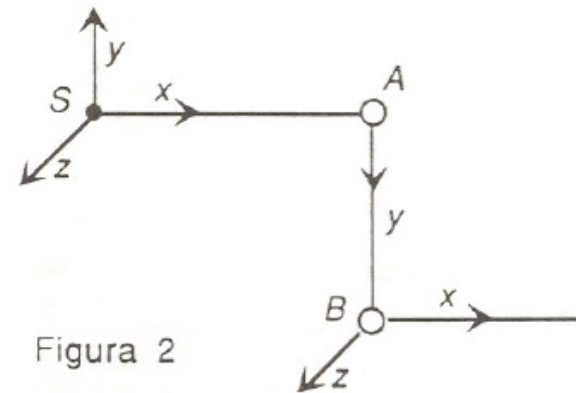


Figura 2

Un fascetto di raggi X emesso dalla sorgente S si propaga lungo la direzione x e colpisce una sferetta di paraffina A . Questa a sua volta riemette raggi X in direzione ortogonale i quali a loro volta colpiscono una seconda sferetta B che riemette raggi X. Il risultato dell'esperimento è che non si ha emissione di raggi X nella direzione z ortogonale al piano xy , mentre si osservano raggi X in direzione x . Facendo uso di (ii) e delle proprietà caratteristiche delle onde elettromagnetiche, si spieghi



come questo risultato sia quello che ci si deve attendere se i raggi X sono effettivamente onde elettromagnetiche.

- 5) Su un terreno pianeggiante la velocità v di un quadrupede non troppo piccolo (lepre) e non troppo grande (cavallo) è approssimativamente indipendente dalla dimensione L dell'animale, mentre su una salita ripida la velocità è circa proporzionale a L^{-1} (le lepri non rallentano, i cavalli sí). Si giustifichi questa osservazione sulla base delle seguenti ipotesi.
- (i) Un quadrupede può essere approssimativamente caratterizzato da una sola lunghezza L e la sua densità media è circa indipendente da L .
 - (ii) La stessa frazione x della potenza sviluppata da ogni quadrupede va dissipata sotto forma di calore.
 - (iii) Su una salita ripida, la potenza occorrente per vincere la resistenza dell'aria è trascurabile rispetto a quella occorrente a salire. (Si assuma che la resistenza dell'aria sia proporzionale al quadrato della velocità).
- 6) Nell'ipotesi deprecabile di un confronto bellico tra le due superpotenze, si considera l'impiego di missili balistici intercontinentali. Dopo la prima rapida fase di accelerazione iniziale (che si suggerisce qui di trascurare), un missile balistico non è soggetto ad altre forze che a quella della gravità. Si valuti approssimativamente quanto tempo ciascun Capo di Stato avrebbe a disposizione per prendere le necessarie misure nel caso di un attacco improvviso, supponendo che egli sia informato istantaneamente della partenza dei missili avversari. (Si schematizzi il percorso del missile con un arco di cerchio lungo 8000 km).

$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ sec}^{-2} \text{ kg}^{-1}$	costante gravitazionale
$g = 10 \text{ m sec}^{-2}$	accelerazione di gravità
$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	carica dell'elettrone
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m sec}^{-1}$	velocità della luce nel vuoto
$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	

Alcune costanti fisiche

$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	massa del protone
$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	massa dell'elettrone
$K_B = 1,4 \cdot 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}^{-1}$	costante di Boltzmann

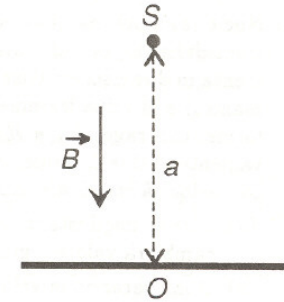


Anno accademico 1988–1989

- 1) Nuclei atomici instabili possono decadere in vari frammenti. Consideriamo, in particolare, un nucleo a riposo che si frammenta in due e schematizziamo il processo nel modo seguente. Siano A e B i due frammenti di forma sferica, di densità uniforme, con raggi R_A e R_B e con cariche Q_A e Q_B , rispettivamente. I due frammenti si trovano inizialmente a contatto con velocità relativa v , nota.
 - (a) Dire se negli istanti successivi v rimarrà costante oppure cambierà valore e giustificare l'affermazione.
 - (b) Quali saranno le velocità di ciascun frammento a grande distanza?
 - (c) Quale sarà l'ordine di grandezza della velocità relativa a grande distanza, trascurando la velocità iniziale, nel caso di un nucleo di Uranio di peso atomico 235?
- 2) Un pallone areostatico modello AX-4 ad aria calda è costituito da un involucro rigido di volume $V = 850 \text{ m}^3$ con un'apertura all'estremità inferiore. L'aria all'interno viene mantenuta alla temperatura di 100°C . Il pallone deve sollevare un carico totale (involucro più carico utile) di 200 kg. Sapendo che la densità dell'aria decresce con l'altezza secondo la formula $\rho = \rho_0(1 - \alpha h)$, con $\alpha = 0,049 \text{ km}^{-1}$, e che la temperatura dell'aria esterna decresce come $t = t_0(1 - \beta h)$, con $\beta = 0,026 \text{ km}^{-1}$, calcolare l'altezza massima che il pallone può raggiungere.
- 3) Si considerino dei conduttori bidimensionali, quali delle sottili lamine di rame, a forma di quadrati di diversa grandezza. Se si applica la stessa differenza di potenziale ai lati opposti di questi conduttori, come dipende la corrente dal valore L del lato?

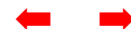
- 4) Si consideri un campo magnetico B di modulo costante che ruota con velocità angolare ω nel piano xy . Nel piano xz viene mantenuta ferma una spira di raggio a e resistenza R .
 - (i) Trascurando l'autoinduzione della spira, si calcoli il momento delle forze cui la spira è soggetta in funzione del tempo ed il suo valor medio.
 - (ii) Indicando con L il coefficiente di autoinduzione della spira, in quali condizioni è valida l'approssimazione fatta in (i)?
 - (iii) Come si può generare in pratica il campo magnetico descritto nel testo, senza impiegare meccanismi rotanti?

- 5) Un grano S di sostanza radioattiva emette n elettroni al secondo in maniera isotropa nello spazio, tutti con la stessa energia E . Si pone ora il grano di sostanza radioattiva in un campo magnetico costante e uniforme di intensità B e si pone una lastra fotografica a distanza a dalla sostanza ed ortogonale al campo magnetico.



- (a) Quanti elettroni per unità di tempo raggiungono la lastra fotografica?
 - (b) Sviluppando la lastra, qual è il raggio della porzione di pellicola impressionata?
 - (c) Se lasciamo a indeterminato, che relazione esiste tra la componente parallela al campo magnetico della velocità degli elettroni che raggiungono lo schermo e la distanza tra il punto di impatto ed il punto O ?
- 6) La magnetizzazione m di un materiale può essere approssimativamente descritta da un'equazione di autoconsistenza (detta di "campo medio") del tipo

$$m = f(m),$$



dove f è una funzione da determinarsi sulla base di una teoria microscopica. Il valore di m è massimo allo zero assoluto e decresce con l'aumentare della temperatura. In prossimità della temperatura critica alla quale m si annulla, è conveniente rappresentare $f(m)$ nella forma di un polinomio in m . In particolare, due forme sono possibili

$$f(m) = a_1(T)(m - b_1 m^3) \quad (1)$$

$$f(m) = a_2(T)(m^3 - b_2 m^5), \quad (2)$$

dove le funzioni positive $a_1(T)$ e $a_2(T)$ decrescono all'aumentare della temperatura, e b_1 e b_2 sono costanti positive.

Si stabilisca la natura della transizione magnetica nei casi (1) e (2), ovvero si determini in quale caso m si annulla con discontinuità (transizione del “primo ordine”) oppure con continuità (transizione del “secondo ordine”).

Alcune costanti fisiche

massa dell'elettrone	$9,11 \cdot 10^{-28}$ g
massa del protone	$1,7 \cdot 10^{-24}$ g
raggio del protone e neutrone	10^{-13} cm
carica dell'elettrone	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb
numero di Avogadro	$6,023 \cdot 10^{23}$
costante dei gas R	$0,028$ atm · litri/moli · °K
costante gravitazionale	$6,67 \cdot 10^{-8}$ cm ³ g ⁻¹ sec ⁻²
velocità della luce nel vuoto	$3 \cdot 10^{10}$ cm sec ⁻¹

- 1) Un aereo deve andare dalla città A alla città B , distanti 100 km, volando in linea retta con velocità costante di modulo v_0 rispetto al suolo. In direzione perpendicolare ad AB soffia un vento con velocità di 50 metri/secondo.
 - (a) Come deve muoversi l'aereo per poter raggiungere la città B ?
 - (b) Se il consumo dell'aereo è di 25 litri/km, quale deve essere il minimo valore di v_0 perché l'aereo possa raggiungere B con un rifornimento di 5000 litri di carburante?
 - (c) Se il consumo dipende anche dal modulo della velocità (se cioè il consumo per unità di percorso si può scrivere come $c = kv$), per quali valori di v_0 l'aereo può raggiungere B con un rifornimento di 5000 litri se

$$k = 0,125 \text{ litri}/(\text{km}^2/\text{ora})?$$

- 2) In un vagone ferroviario chiuso con pareti trasparenti sono posti:
 - (i) un oggetto sferico di massa m , appoggiato senza attrito sul pavimento;
 - (ii) un palloncino riempito di elio, appoggiato senza attrito al soffitto del vagone.

Il vagone, inizialmente fermo, viene posto in moto rettilineo orizzontale con accelerazione costante a (prima fase) e, raggiunta una certa velocità v , prosegue con moto rettilineo uniforme per un certo tratto l (seconda fase), per poi essere riportato in quiete con decelerazione costante a (terza fase). Come si comportano, staticamente e dinamicamente, l'oggetto sferico ed il palloncino rispetto ad un osservatore che viaggia nel vagone e ad un osservatore fermo a terra durante le tre fasi del moto?



Nota. Nel caso del corpo (i), si prescinda dalla presenza dell'aria. Inoltre, si supponga il vagone tanto lungo che i corpi (i) e (ii) non possono mai toccare le pareti di fondo del vagone.

- 3) Un cilindro chiuso da un pistone mobile e contenente una mole di gas biatomico è posto in contatto termico, attraverso la superficie di fondo, con una sorgente a temperatura $T_0 = 300^\circ\text{K}$. Il volume iniziale del cilindro è $V_0 = 6$ litri. Calcolare P_0 . In maniera reversibile, il gas viene fatto espandere fino ad un volume finale doppio di quello iniziale, mantenendo sempre il cilindro in equilibrio termico con la sorgente. Calcolare il calore scambiato dal gas e il lavoro compiuto ed esprimere i valori in Joules.
Il risultato ottenuto vi sembra compatibile con il secondo principio della termodinamica? Giustificate la vostra risposta.
- 4) Due fili rettilinei e indefiniti 1 e 2, paralleli tra loro, sono posti verticalmente in posizione fissa a distanza d l'uno dall'altro; in essi fluiscono le correnti i_1 e i_2 rispettivamente. Nel piano che li contiene e tra essi è posto un terzo filo 3, parallelo ad entrambi, nel quale fluisce la corrente i_3 ; il terzo filo è libero di spostarsi lateralmente, mantenendosi parallelo a se stesso, nella porzione di piano compresa tra i fili 1 e 2.
Discutere le condizioni di equilibrio del filo 3.
- 5) Due cariche puntiformi $Q_1 = Q_2 = 3 \cdot 10^{-9}$ Coulomb sono poste nel vuoto alla distanza di 10 cm.
- (a) Qual è la forma della superficie equipotenziale di valore $V_0 = 1200$ volt.
Si immagini ora di materializzare tale superficie con un conduttore cavo e isolato. Si chiede di calcolare:
- (b) la capacità del conduttore;
- (c) la densità superficiale di carica nei punti di intersezione della retta passante per Q_1 e Q_2 con la superficie esterna del conduttore.

- 6) Come risponderebbero, *succintamente*, Newton e Einstein agli interrogativi di questa riflessione di Sant'Agostino:
"Che è, poi, il tempo? Chi saprebbe spiegarlo facilmente e brevemente? Chi almeno saprebbe comprenderlo con il pensiero, tanto da proferirne una parola? Eppure, quale cosa più familiare e più nota noi menzioniamo nel parlare, che il tempo? e l'intendiamo benissimo, quando ne parliamo: e altrettanto lo intendiamo quando ne parla un altro e noi l'udiamo
Che è dunque il tempo? se nessuno me lo domanda, so cos'è; ma se qualcuno me lo domanda e io cerco di spiegarglielo, non lo so più: eppure con fiducia dico di sapere che, se niente passasse, non ci sarebbe tempo passato, e se niente avvenisse, non ci sarebbe tempo avvenire, e se niente esistesse, non ci sarebbe tempo presente."



Anno accademico 1990–1991

Gli esercizi sono presentati in ordine di difficoltà crescente.

- 1) Un generatore di tensione a 100 Volt fornisce potenza ad un carico di utilizzazione attraverso una linea di trasmissione di resistenza 1 ohm. Qual è la potenza dissipata nella linea se viene erogato un kilowatt? Quale sarebbe la potenza dissipata se il generatore funzionasse a 10 kilovolt? Si commenti il risultato trovato.
- 2) Una ruota di automobile con un battistrada spesso pochi centimetri può percorrere distanze anche dell'ordine di cinquantamila chilometri prima di usurarsi completamente. Si stimi l'ordine di grandezza dello spessore di battistrada consumato per giro e si ponga in relazione questo numero con una plausibile descrizione del meccanismo microscopico di usura del battistrada.
- 3) Si vuole convertire un fascio di luce laser del diametro di 1 mm in un altro avente diametro di 1 cm, utilizzando solo lenti convergenti con distanza focale di 20 cm. Qual è il numero minimo di lenti che occorre utilizzare (disponendole tutte ortogonalmente al fascio), e a quali distanze tra loro devono essere disposte?
- 4) Un cilindro verticale di altezza L è chiuso in basso da una parete fissa e in alto da un pistone di massa M libero di muoversi sotto l'azione dell'accelerazione di gravità g . All'interno del cilindro, una pallina di massa $m \ll M$ rimbalza verticalmente tra base e pistone. Si supponga che i rimbalzi siano perfettamente elastici e che la velocità della pallina u sia molto maggiore della velocità di caduta libera $u_0 = (2gL)^{1/2}$ così che si possa considerare il modulo di u costante.
 - (i) Considerando la pallina puntiforme, si stimi per quale valore della velocità u gli urti sul pistone possano in media controbilanciare l'effetto della

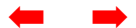
gravità così che il pistone possa rimanere sospeso. Si tracci una analogia tra la condizione ottenuta e l'equazione dei gas perfetti.

- (ii) Si ripeta il calcolo precedente tenendo conto del raggio r della pallina e si confronti il risultato ottenuto con l'equazione per i gas reali, nota come equazione di van der Waals.
- 5) Si considerino due corpi sferici (solidi) di massa m e raggio r , orbitanti attorno ad un pianeta di massa M su uno stesso piano, nello stesso verso e su orbite circolari di raggio $R + r$ e $R - r$ rispettivamente, con $r \ll R$. Supponiamo inizialmente che essi siano abbastanza distanti tra loro in modo da poter trascurare la mutua attrazione gravitazionale.
- (a) Si calcoli di quanto differiscono le loro velocità angolari dalla velocità angolare ω_0 che avrebbero se si muovessero sull'orbita di raggio R .
 - (b) Quale forza oltre a quella del pianeta occorre esercitare su ciascuno dei due corpi affinché essi possano ruotare sulle orbite di raggi $R + r$ e $R - r$ ma con velocità angolare ω_0 ?

Consideriamo ora la situazione in cui i due corpi, per effetto della loro mutua interazione gravitazionale, ruotano ancora su orbite di raggio $R + r$ e $R - r$ ma a contatto tra di loro.

- (c) Tenuto conto del risultato del punto (b) precedente, si determini in funzione di m , M , r , R , la disuguaglianza che rende questa situazione possibile.
- (d) Supponendo uguali le densità dei due corpi e del pianeta, si riduca la relazione ricavata in (c) ad una disuguaglianza fra R e il raggio R_0 del pianeta.
- (e) Che cosa si può concludere in merito alla formazione di satelliti o di anelli attorno ad un pianeta?

In tutto il problema si approssimi $(1 \pm r/R)^a$ con $1 \pm ar/R$.



6) Si consideri il moto di un grave lasciato cadere verticalmente da un'altezza di 100 m. Il grafico I riporta i valori dell'altezza del grave in funzione del tempo; il grafico II riporta la velocità (verticale) in funzione del tempo. In ciascun grafico sono disegnate due curve: una curva rappresenta il moto "reale" del grave, l'altra è la previsione teorica basata su un modello semplice di caduta libera sotto l'azione della sola accelerazione di gravità (costante).

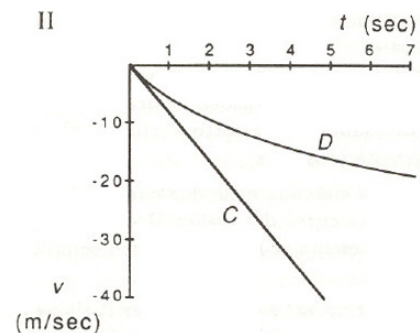
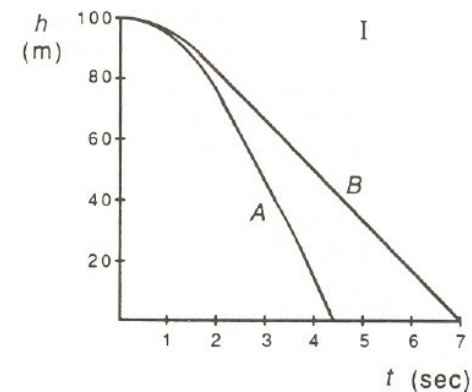
(i) Si associ a ciascuna delle due curve del grafico I la corrispondente curva del grafico II e si identifichi quale di esse rappresenta il modello teorico semplice e quale il caso reale.

(ii) Si considerino varie possibilità per l'origine della discrepanza tra caso reale e modello teorico:

- variazione della gravità con l'altezza;
- presenza dell'aria;
- rotazione terrestre.

Si dica quale di queste può rendere ragione della discrepanza osservata e perché.

(iii) Si completi la risposta alla domanda (ii) deducendo dai grafici informazioni *quantitative* sulla causa della discrepanza individuata (variazione percentuale della gravità, oppure viscosità dell'aria, oppure velocità di rotazione terrestre). Si suggerisce di procedere considerando l'andamento delle due curve nei due intervalli di tempo: $t < 1$ sec, ove la curva reale si stacca poco dal modello teorico, e $t > 4$ sec, ove le due curve sono molto diverse tra loro.

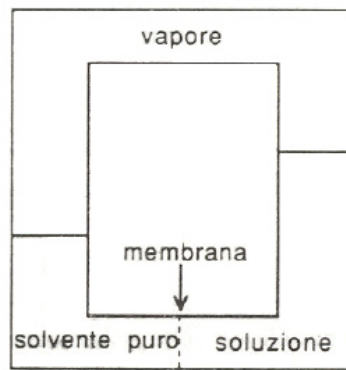


Anno accademico 1991–1992

- 1) Un conduttore che chiamiamo A è caricato mediante una serie di contatti con una lastra metallica che, dopo ciascun contatto, è ricaricata in modo da possedere una carica Q . Si supponga che q sia la carica di A dopo la prima operazione. Quale sarà alla fine la carica in A ?
- 2) Sia p' la pressione osmotica del soluto in una soluzione. Assumendo che la tensione di vapore del soluto sia trascurabile, dimostrare che la tensione di vapore della soluzione è minore di quella del solvente puro di una quantità Δp data da

$$\Delta p = -(\rho_v/\rho)p',$$

ove ρ_v è la densità del vapore e ρ quella della soluzione. Si considerino a questo scopo l'equilibrio tra solvente puro e soluzione attraverso una membrana semipermeabile e gli equilibri solvente–vapore e soluzione–vapore, come indicato nel disegno sottostante.



- 3) Un recipiente vuoto di massa M e sezione orizzontale S è immerso per un'altezza h_0 nell'acqua del mare in modo da galleggiarvi. Si supponga ora che lo stesso recipiente venga immerso per un'altezza $h \neq h_0$ e poi lasciato andare all'istante $t = 0$.
 - (i) Calcolare il moto del recipiente (supponendo che possa muoversi solo di moto traslatorio nella direzione verticale), riportando un grafico della funzione $h = h(t)$.
 - (ii) Ripetere il calcolo e riportare il relativo grafico per il caso che, anziché nel mare, il recipiente si trovi a galleggiare a sua volta in un altro recipiente più grande di sezione S' e volume d'acqua totale V .

N.B. In tutto l'esercizio si trascurino gli effetti della viscosità.

- 4) Un'astronave viene immessa su un'orbita circolare con periodo di rivoluzione di due ore. Un osservatore a bordo dell'astronave, semplicemente osservando per un certo periodo di tempo un altro satellite sullo sfondo del cielo stellato, pur misurando col radar che in quel periodo di tempo il satellite in questione si sta allontanando, si rende conto di essere in rotta di collisione. Si chiede:
 - (a) Come ha fatto l'astronauta a capire che, senza modifiche di traiettoria dell'astronave, la collisione è inevitabile?
 - (b) Quanto tempo ha a disposizione per accendere i motori dal momento in cui satellite ed astronave raggiungono la massima distanza tra di loro?
 - (c) Si discuta *brevemente* la generalità della soluzione proposta.
- 5) In una delle prove di un minigolf, la buca (di diametro $2a$) è posta al centro di una collinetta *circolare* piatta (di diametro $20a$) che si erge dalla pista tramite un gradino di altezza h e di estensione orizzontale trascurabile rispetto ad a .
Supponendo che:



- (i) il giocatore invii la pallina con una velocità assegnata v_0 dal punto O posto a distanza L dal centro della buca;
- (ii) le dimensioni della pallina siano molto piccole, cioè essa possa essere considerata puntiforme;
- (iii) la pallina segua il profilo della collinetta senza salti, e quindi vi possa salire se ha energia sufficiente;
- (iv) attriti e rotazione della pallina possano essere trascurati.

Si valuti:

- (a) con quale precisione deve tirare il giocatore per poter andare in buca;
- (b) se, su questa base, al giocatore convenga tirare forte o piano;
- (c) *brevemente*, quali effetti modificano queste conclusioni in un caso reale.

N.B. Parte del problema consiste nel proporre una *ragionevole definizione* di “precisione” di tiro.

- 6) Un oggetto che considereremo puntiforme di massa M è appoggiato, in presenza della gravità g , nel punto più basso all'interno di una cavità semicilindrica di raggio R con asse orizzontale (vedi figura). All'istante $t = 0$, all'oggetto viene conferita una velocità orizzontale v_0 lungo un piano perpendicolare all'asse del semicilindro, così che esso comincia a muoversi lungo la parete semicilindrica. Trascurando l'attrito, si calcoli:
- (i) per quale intervallo di valori di v_0 si ha il distacco dalla parete semicilindrica prima di aver raggiunto il suo punto più alto a quota $2R$;
 - (ii) l'altezza alla quale avviene il distacco dalla parete;
 - (iii) l'altezza massima raggiunta nella traiettoria.

1. Un recipiente contenente una certa quantità di acqua è posto su di una bilancia. La bilancia segna un peso di 1000 g. Un corpo di forma irregolare viene immerso completamente nell'acqua senza toccare né il fondo né le pareti del recipiente, tenendolo sospeso per mezzo di un filo sottile. La bilancia segna adesso 1100 g. Quale caratteristica del corpo in questione è determinabile in base a queste misure e perché?

2. Una stazione spaziale è costituita da due sezioni abitabili, approssimativamente cubiche, con lato uguale a 30 m, collegate da un'asta sottile lunga 1 km. La gravità artificiale è creata dalla rotazione del sistema intorno al suo baricentro.

Quale deve essere il periodo di rotazione del sistema affinché gli abitanti siano soggetti ad una accelerazione di gravità simile a quella terrestre?

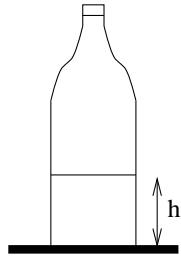
Quale sarebbe, in percentuale, la variazione di accelerazione di gravità tra i vari punti dei quartieri abitabili?

Proponete un sistema che permetta agli abitanti di trasferirsi da una sezione abitabile all'altra in modo da non dover sopportare variazioni di gravità apparente superiori al 10%. Quanto tempo richiederebbe il trasferimento?

3. Una bottiglia viene riempita con dell'acqua in modo che il baricentro del sistema complessivo, bottiglia più acqua, sia alla minima altezza possibile.

Se h è l'altezza del pelo dell'acqua, a quale altezza si trova il baricentro del sistema?





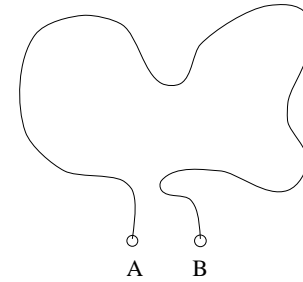
4. In una recente missione spaziale era prevista la realizzazione dell'esperimento TSS, che consisteva nel far uscire un piccolo satellite dalla navetta principale e nel tenerlo legato con un filo che si disponeva in direzione radiale.

In forma semplificata, si assuma che l'orbita della navetta sia equatoriale ad una altezza di 200 km dalla superficie terrestre. Il filo srotolato sia lungo 20 km e sia diretto verso l'esterno. Sapendo che il campo magnetico terrestre B_0 è circa 10^{-4} Tesla, si valuti la differenza di potenziale che viene a crearsi tra il satellite e la navetta.

5. Un filo elettrico di lunghezza $l = 1$ m, perfettamente flessibile, è attaccato con i suoi estremi ai punti A e B fissi su un piano orizzontale ed è percorso da una corrente I . Il filo è libero di muoversi sul piano, ma non può accavallarsi. La distanza tra A e B è piccola rispetto ad l .

Come si disporrà il filo se si accende un campo magnetico di 1 Tesla perpendicolare al piano?

Sapendo che la forza che agisce su un tratto Δl di filo vale $F = I \cdot B \cdot \Delta l$, dove I è espresso in Ampère, B in Tesla, Δl in metri ed F in Newton, e assumendo che il filo si rompa se sottoposto ad una forza di 100 Newton, qual è la corrente limite che il filo può sopportare?

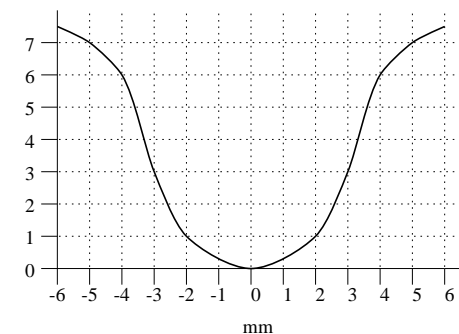


6. La figura mostra il profilo di una goccia d'acqua, a simmetria cilindrica, che aderisce alla faccia inferiore di una superficie piana orizzontale. La goccia si trova in equilibrio perché la forza di gravità è bilanciata dalla tensione superficiale. La superficie di separazione fra acqua ed aria si comporta come una membrana elastica la cui energia E è data dalla seguente espressione:

$$E = aS,$$

dove S è la superficie ed a è una costante.

Dalla forma e dalle dimensioni della goccia si cerchi di determinare in modo approssimativo quanto vale a .



Anno accademico 1993/94

1. Un condensatore ha capacità C_1 e si può caricare sino ad una differenza di potenziale (ddp) massima V_1 (si rompe cioè se caricato ad una ddp maggiore di V_1); un secondo condensatore ha capacità C_2 e può sopportare una ddp massima V_2 . Si chiede quale sia la ddp massima V_m che può sopportare il sistema dei due condensatori posti in serie.

Calcolare il valore esplicito di V_m corrispondentemente ai valori $C_1 = 10^{-9}$ F, $V_1 = 200$ V, $C_2 = 2 \times 10^{-9}$ F, $V_2 = 150$ V.

2. Una mongolfiera di forma sferica è riempita di aria alla temperatura di 100°C e a pressione atmosferica.

Supponendo che la temperatura esterna sia di 20°C , si calcoli il diametro minimo che la mongolfiera deve avere per sollevare da terra un peso totale (mongolfiera più carico) di 200 kg.

3. È esperienza comune che se si fa passare una corrente elettrica costante in una resistenza inizialmente alla temperatura ambiente T_0 , la temperatura della resistenza sale progressivamente sino a stabilizzarsi ad un certo valore T maggiore di T_0 . Siano W la potenza dissipata nella resistenza, S la sua superficie, $\Delta T = T - T_0$ l'innalzamento di temperatura; si trova che per piccoli aumenti di temperatura vale una delle tre relazioni seguenti:

a) $\Delta T = a \frac{S}{W},$

b) $\Delta T = bSW,$

c) $\Delta T = c \frac{W}{S},$

ove a , b e c sono opportune costanti (indipendenti cioè da T , S e W).

1. Quale di queste tre relazioni è quella giusta e perché?

2. Si considerino ora i seguenti esperimenti. Si dispone di una batteria che fornisce una differenza di potenziale V e di due fili di forma cilindrica, della stessa lunghezza l . Questi fili sono fabbricati con lo stesso procedimento e con lo stesso materiale buon conduttore di corrente. Il primo ha raggio r e il secondo ha raggio $2r$, con r molto minore di l . In un primo esperimento i due fili vengono collegati alla batteria in serie; in un secondo esperimento gli stessi due fili sono collegati alla stessa batteria in parallelo. Determinare, per i due esperimenti, la dipendenza degli aumenti di temperatura dei due fili dalle altre grandezze in gioco, specificando in particolare per entrambi i casi quale è il filo che si scalda maggiormente.

4. Una centrale elettrica posta in riva ad un fiume fornisce energia ad una città vicina.

Del combustibile viene bruciato alla temperatura di 800°C ed il calore prodotto viene utilizzato per azionare una macchina termica che, a sua volta, produce energia elettrica. Per il raffreddamento si usa acqua prelevata dal fiume a monte della centrale e reimpressa nel flusso un poco più a valle. Il fiume, a monte della centrale, è largo 30 m, profondo 3 m, la velocità media dell'acqua è di 3 m/s e la sua temperatura è 14°C .

Per non danneggiare l'ecologia del fiume, si richiede che l'innalzamento della temperatura media del fiume a valle della centrale sia inferiore ad 1°C .

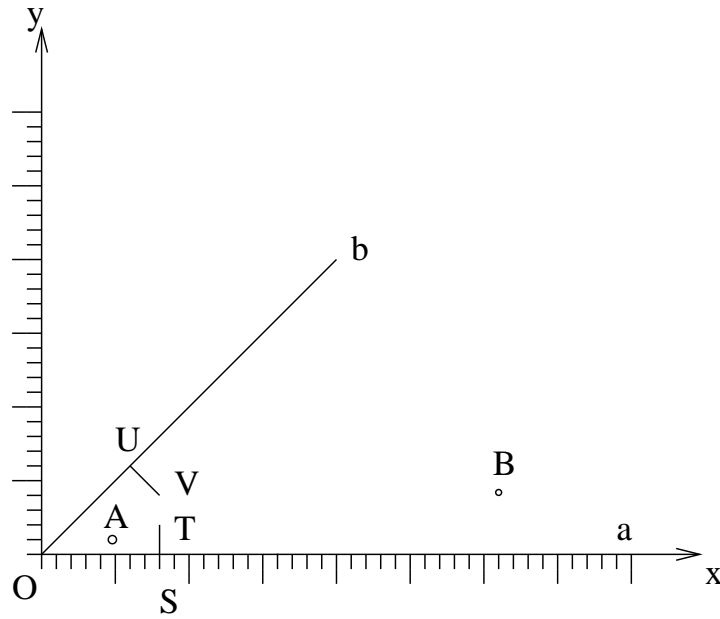
Si calcoli il limite superiore alla potenza elettrica che la centrale può fornire alla città.

5. Un sistema di specchi è costituito di due semipiani perfettamente riflettenti, disposti a formare un angolo di 45° . La figura ne mostra una sezione, in cui è stato introdotto un sistema di coordinate cartesiane ortogonali (x,y) con



origine in O ; le sezioni dei due specchi nel piano della figura sono date da Oa , Ob .

1. Allo specchio Oa nel punto S è attaccato lo schermo ST , perfettamente opaco, e similmente a Ob è attaccato nel punto U lo schermo perfettamente opaco UV . A e B sono due punti situati nel piano della figura. In A viene posta una sorgente di luce: determinare, nell'ambito dell'ottica geometrica, la traiettoria del raggio di luce che da A arriva al punto B , specificando le coordinate dei punti di riflessione. Come si può anche desumere dalla figura, le coordinate dei punti sono: $S(8,0)$, $T(8,2)$, $V(8,4)$, $A(5,1)$ e $B(31,5)$.



2. Si dimostri che in assenza degli schermi opachi e indipendentemente dalla posizione nel piano dei due punti A e B , non esistono nel sistema di specchi assegnato traiettorie ottiche da A a B con più di 4 riflessioni.

6. Si schematizzi una stella come una sfera di massa M e raggio R costituita da idrogeno monoatomico a temperatura assoluta T . La sua energia totale viene espressa come

$$E = U + W ,$$

dove U è l'energia termica e W è l'energia gravitazionale.

1. L'energia gravitazionale può essere espressa come

$$W = AGM^\alpha R^\beta$$

dove G è la costante di gravitazione universale (costante di Newton) e A è una costante adimensionale il cui valore assoluto è circa 1. Si dica quali devono essere i valori di α e β .

2. L'energia termica può essere scritta nella forma

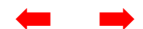
$$U = BkT^\gamma ,$$

dove k è la costante di Boltzmann e B è una costante adimensionale. Si determini il valore di γ e l'ordine di grandezza della costante B .

3. Vale inoltre la seguente relazione (*Teorema del viriale*):

$$U = -E .$$

Si esprima la temperatura assoluta della stella in funzione della massa e del raggio.

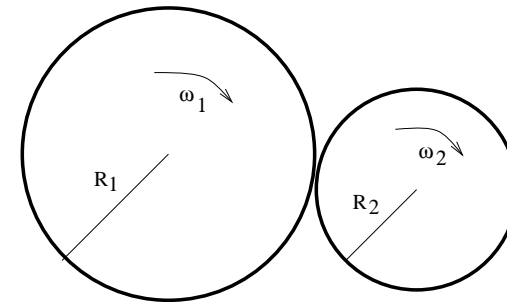


4. Il Sole ha una massa di 2×10^{30} kg e dista dalla Terra circa 150×10^9 m. Il flusso di energia che arriva sulla Terra è circa 1 kW/m^2 . Assumendo che la schematizzazione precedente sia valida per il Sole e che tutta l'energia emessa provenga dalla sua contrazione, si calcoli approssimativamente di quanto diminuirebbe in un anno il suo raggio partendo dal valore iniziale di 7×10^8 m.

Anno accademico 1994/95

1. Due cilindri uniformi ruotano indipendentemente intorno ai loro assi. Indichiamo con R_1, M_1 ed R_2, M_2 raggio e massa dei due cilindri. Supponiamo poi che i due assi di rotazione siano paralleli e che la rotazione avvenga nello stesso senso con velocità angolari ω_1 e ω_2 rispettivamente.

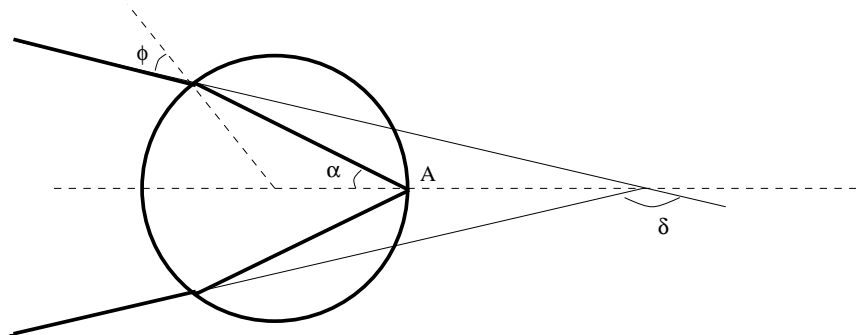
I due cilindri vengono quindi spostati fino a farli accostare e i loro assi sono mantenuti nella posizione schematizzata in figura. In questa posizione, essi sono liberi di ruotare intorno al proprio asse e rotolano senza strisciare lungo una tangente. Si calcoli la velocità angolare finale di ogni cilindro.



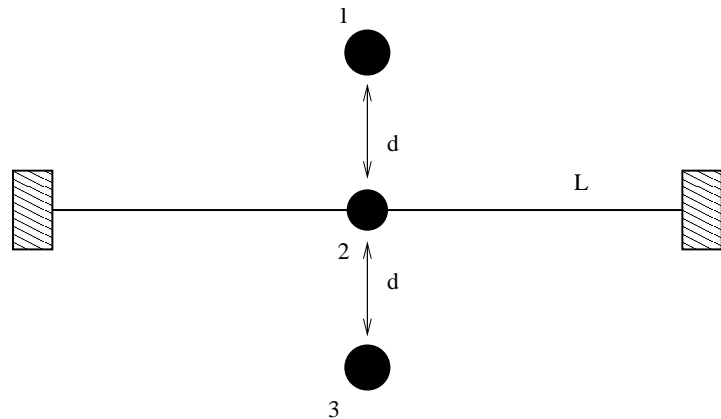
2. Un raggio di luce viene diretto verso una sfera omogenea di indice di rifrazione $n = 1.1$.

1. Ricavare l'espressione di α e dell'angolo di deflessione δ in funzione dell'angolo di incidenza ϕ .
2. L'angolo δ presenta un minimo in funzione di ϕ ?
3. La riflessione in A è totale o parziale? Spiegare.





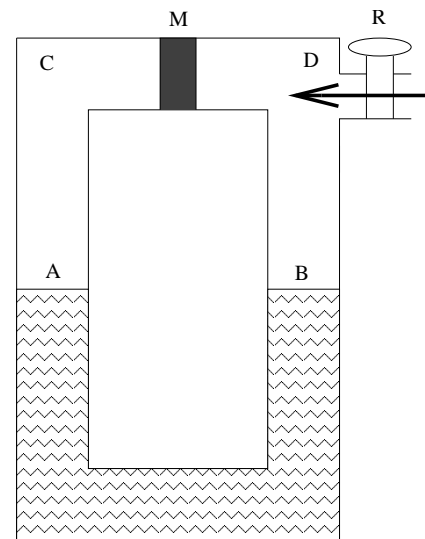
3. Si consideri il sistema di tre cariche puntiformi, allineate e a distanza d come in figura, in assenza di gravità. Le cariche 1 e 3 (ciascuna pari a Q) sono fisse, mentre la carica 2 (pari a $-Q$) è fissata a due supporti mediante due fili di lunghezza L (L molto maggiore di d) e tensione T .



La carica 2 viene spostata verso una delle due cariche fisse di un tratto x (x molto minore di d).

1. Ricavare l'espressione della forza agente sulla carica 2.
2. Descrivere il moto della carica 2.
3. Discutere l'effetto di valori crescenti di $|Q|$.

4. Un liquido di densità n_L è inizialmente in equilibrio con il suo vapore di densità n_V nel recipiente mostrato in figura. Aperto il rubinetto R , un gas inerte viene pompato a pressione p nella parte BD del recipiente. M è una membrana permeabile al vapore, ma non al gas inerte.



1. Si calcoli di quanto è variata la tensione di vapore del liquido sotto pressione e si commenti il risultato.



2. Dal risultato ottenuto in 1, si calcoli l'eccesso di tensione di vapore per una goccia sferica di liquido, di raggio r e tensione superficiale σ (si ricorda che $\sigma\Delta A$ è il lavoro necessario per aumentare l'area della superficie del liquido di una piccola quantità ΔA , a volume costante).
3. Con il risultato ottenuto in 2, si discuta come può procedere la condensazione di vapore acqueo in pioggia (valori di riferimento appropriati all'acqua alla temperatura di 293 K sono $n_V/n_L \approx 2 \times 10^{-5}$, $\sigma \approx 0,075$ Joule/m² e tensione di vapore a saturazione $\pi \approx 2 \times 10^3$ Newton/m²).

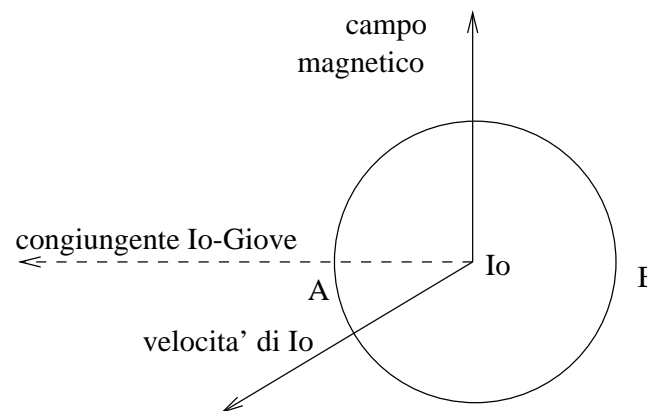
5. A causa di un'esplosione nel reattore che alimenta un satellite in orbita intorno alla Terra, il satellite si spezza in due parti di massa m_1 ed m_2 . L'energia liberata nell'esplosione è circa una parte su diecimila dell'energia cinetica del satellite e si trasforma nella sua quasi totalità in energia cinetica traslazionale dei due frammenti.

Prima dell'esplosione l'orbita del satellite era approssimativamente circolare con raggio $R_c = R_0 + r_i$, dove R_0 è il raggio della Terra ed $r_i/R_0 = 1/10$. Si supponga, come schematizzazione semplificativa, che su ciascun frammento non agisca alcuna forza di attrito se è "fuori dell'atmosfera": $R > R_0 + r_a$, ove R è la distanza dal centro della Terra ed $r_a/R_0 = 1/60$; mentre se un frammento raggiunge l'atmosfera, $R < R_0 + r_a$, questo lo fa precipitare verso la Terra.

Sapendo che la massa iniziale del satellite è di 10 tonnellate e facendo l'ipotesi che corpi con massa più piccola di un quintale che cadono attraverso l'atmosfera vengono da questa totalmente vaporizzati prima di raggiungere la superficie terrestre, si dica per quali valori del rapporto m_1/m_2 uno dei due frammenti del satellite può colpire la superficie della Terra, nel caso in cui l'esplosione acceleri i frammenti tangenzialmente all'orbita del satellite.

6. Il satellite Io ruota intorno a Giove con un periodo di circa 42 ore su un'orbita approssimativamente circolare di raggio $R = 422.000$ Km. Il raggio di Io è di 1.830 Km.

A causa dell'intenso campo magnetico di Giove (lungo l'orbita di Io questo campo ha un'intensità di circa 2×10^{-6} Tesla ed è diretto approssimativamente perpendicolarmente al piano dell'orbita) e del fatto che Io si comporta come un conduttore, tra i punti A e B di Io, vedi figura, si genera una differenza di potenziale ΔV .



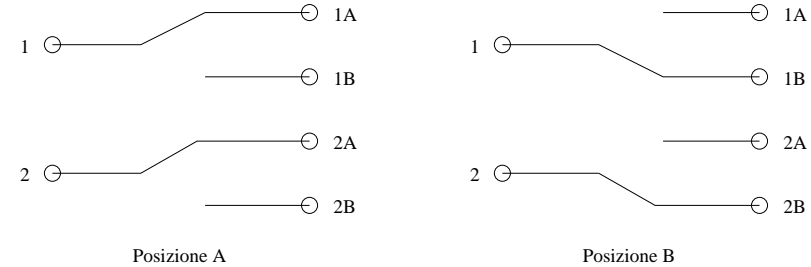
Il moto di Io non avviene nel vuoto, ma all'interno di un gas molto rarefatto e completamente ionizzato che ruota, in buona approssimazione, rigidamente e con lo stesso periodo con cui Giove ruota intorno al proprio asse: 9 ore e 50 minuti. All'interno di questo gas si crea una differenza di potenziale. Sia $\Delta V'$ la differenza di potenziale tra i punti nel gas in contatto con i punti A e B di Io.

1. Si calcolino ΔV e $\Delta V'$.



2. Sapendo che il valore della corrente elettrica che fluisce tra A e B è di circa 10^6 Ampère, si calcoli la resistenza elettrica all'interno di I_o tra i punti A e B (si supponga che il gas esterno sia un conduttore praticamente perfetto).
3. Quanto vale la potenza dissipata?
4. Si calcoli la forza agente su I_o come conseguenza di questa corrente.
5. Come viene modificata l'orbita di I_o per effetto di questa forza?

1. Un cosiddetto *doppio deviatore elettrico* è un dispositivo a due posizioni alternative A e B . Nella posizione A i due ingressi 1 e 2 sono collegati rispettivamente alle uscite 1A e 2A. Nella posizione B gli stessi ingressi sono collegati con 1B e 2B.



In corrispondenza di ognuna delle $N > 2$ porte di accesso a una sala dotata di un'unica lampada è installato un doppio deviatore e fra una porta e la successiva è stata predisposta una canaletta per i necessari collegamenti elettrici.

Si chiede di definire i collegamenti in modo da realizzare con il minimo numero di fili il sistema di comando dell'illuminazione centrale della sala tale che, ogni volta che viene azionato un deviatore qualunque, la luce se era accesa si spegne e viceversa se era spenta si accende.

2. Un tuffatore si lascia cadere rigidamente in avanti a partire dalla verticale, con velocità angolare iniziale trascurabile, ruotando attorno al punto di appoggio dei piedi con il bordo del trampolino, che si trova a un'altezza H sopra il livello dell'acqua della piscina. Schematizzando il tuffatore come un'asta sottile omogenea di lunghezza L e massa M , che ruota intorno al bordo del trampolino senza attrito, si chiede di calcolare:



- a) l'angolo a partire dal quale i piedi del tuffatore si staccano dal trampolino;
- b) la velocità angolare di rotazione nel momento del distacco;
- c) il valore di H per il quale il tuffatore, nel primo istante in cui tocca l'acqua, si trova in posizione esattamente verticale.

3. Tre stelle di ugual massa, $M/3$ (M è la massa totale del sistema), in mutua attrazione gravitazionale, ruotano su un'orbita circolare di raggio R intorno al centro di massa del sistema, mantenendo la loro posizione relativa in modo da occupare i vertici di un triangolo equilatero.

- a) Determinare la velocità angolare Ω_3 di ciascuna stella intorno al centro di massa.
- b) Per orbite circolari di raggio R fissato e sistemi di massa totale M assegnata, come si paragona il valore di Ω_3 con la velocità angolare Ω_2 di un sistema binario e con la velocità angolare Ω_4 di un insieme di 4 stelle disposte ai vertici di un quadrato?
- c) Siete in grado di valutare il valore limite Ω_∞ , quando la massa totale M è distribuita tra un numero sempre più grande di stelle?

4. Una sorgente S di frequenza ν_0 , ferma rispetto alla terra, emette onde sonore. L'atmosfera però non è in quiete, ma vi è un vento costante ed uniforme di velocità V . Due osservatori A e B, pure fermi rispetto alla terra, si trovano alla stessa distanza L dalla sorgente S (così che S si trova al centro del segmento AB). Il vento soffia nella direzione da A verso B. Si chiede quali frequenze ascoltano A e B e qual è il rapporto delle intensità del suono percepito in A e in B.

5. Si fanno propagare due fasci *laser* monocromatici (rappresentati da onde piane) in direzione opposta. Si chiede sotto quali condizioni sulla frequenza, polarizzazione ed ampiezza dei due fasci esistono piani sui quali il campo elettrico è costantemente nullo. In queste condizioni si chiede di esprimere il campo elettrico e magnetico in tutto lo spazio e per tutti i tempi.

6. Una spira circolare di raggio r e resistenza R è immersa in un campo magnetico omogeneo oscillante, uniforme, ortogonale al piano della spira $B = B_0 \cos \omega t$.

Trascurando il campo magnetico generato dalla corrente nella spira si trovi:

- a) Quanta energia sotto forma di calore viene dissipata nella spira in un periodo?
- b) Quanto vale in funzione del tempo la tensione meccanica nella spira (usando la convenzione che la tensione è positiva se la spira tende ad aumentare la sua lunghezza)?

Si dica poi:

- c) Per quali condizioni su B_0 , ω , r ed R si può effettivamente trascurare il campo magnetico generato dalla corrente nella spira?
- d) Cosa succede se R non soddisfa alle condizioni del punto (c) ?



Anno accademico 1996/97

1. A causa dell'attrito dell'aria, un grave in caduta libera, dopo un tempo relativamente breve, raggiunge una velocità limite costante. Stimare la velocità di arrivo al suolo di una goccia di pioggia di raggio 3 mm e di un paracadute di superficie pari a 20 m^2 con un peso di 64 kg, assumendo che la forza di attrito sia della forma $-Ak|\vec{v}|\vec{v}$, con A l'area della proiezione del grave sul piano ortogonale a \vec{v} , $k = 0,08$ nel sistema tecnico (metro, kg peso, sec). Confrontare i risultati con il caso di caduta libera nel vuoto da 1.000 m.

2. Studiare le proprietà delle orbite circolari di un satellite di massa m nel caso in cui la forza gravitazionale sia sostituita da una forza elastica $-km\vec{r}$. Quali sono le differenze? Cosa succede delle leggi di Keplero? Cosa sapete dire nel caso di una forza $-kmr^\alpha\vec{r}/r$? Quale velocità radiale occorre dare al satellite (che si muove inizialmente su un'orbita circolare di raggio r_0) perché si distacchi dalla terra e vada all'infinito, nel caso $\alpha = -2$, confrontandolo con il caso $\alpha = 1$?

3. Una pistola spara proiettili di 20 g di massa. Nell'esplosione 6×10^{-3} moli di un gas ideale vengono rilasciate in un volume di $0,2 \text{ cm}^3$ ad una temperatura di 1.000 K. La canna della pistola ha un volume di circa 20 cm^3 . Si assuma assenza di attrito ed una esplosione adiabatica del gas. Si assuma che il rapporto tra calore specifico a pressione costante e calore specifico a volume costante valga per questo gas ideale 1,5.

Qual è la velocità di uscita del proiettile? (Si ricordi che il valore della costante dei gas perfetti è $R = 8,314 \times 10^7 \text{ erg/K}$.)

4. Per riscaldare l'aria in una stanza (per esempio con una stufa) si deve in ogni caso consumare energia. Si supponga di voler aumentare la temperatura dell'aria contenuta in un locale di volume $V = 32 \text{ m}^3$ da un valore di $T_i = 15^\circ\text{C}$ ad un valore finale $T_f = 25^\circ\text{C}$. La pressione dell'aria rimane costantemente

uguale alla pressione atmosferica esterna $p_0 = 1 \text{ atm}$ e la temperatura esterna è sempre uguale a $T_i = 15^\circ\text{C}$. Si stimi:

- la variazione, fra lo stato iniziale e lo stato finale, dell'energia interna dell'aria contenuta nella stanza;
- l'energia che la stufa deve fornire all'aria, sotto forma di calore o di lavoro (che sarà, evidentemente, l'energia minima necessaria da spendere per il processo di riscaldamento).

5. Un campo di induzione magnetica \vec{B}_0 uniforme, generato e mantenuto costante da un magnete esterno, è presente in una regione dello spazio vuoto. Se si introduce in questa regione un cilindro di materiale superconduttore (con permeabilità magnetica uguale a quella del vuoto) di lunghezza molto grande rispetto al suo diametro, con l'asse parallelo al campo \vec{B}_0 , si osserva sperimentalmente che la distribuzione del campo si modifica nel modo seguente: $\vec{B} = \vec{B}_0$ all'esterno del cilindro, $\vec{B} = 0$ all'interno del cilindro.

- Si dimostri che in questa situazione di regime all'interno del cilindro non possono essere presenti correnti elettriche e che, al contrario, sulla superficie laterale del cilindro devono stabilirsi delle correnti stazionarie.
- Si determini intensità e verso di queste correnti superficiali.
- Quali forze il campo esterno \vec{B} esercita sulla superficie del cilindro superconduttore?

6. Una spira conduttrice circolare è fissata sul piano xy con centro nell'origine ed è collegata ad un generatore di corrente che vi mantiene una corrente I costante. Una seconda spira conduttrice chiusa, identica alla prima, è vincolata a muoversi mantenendosi col centro lungo l'asse z e parallela al piano



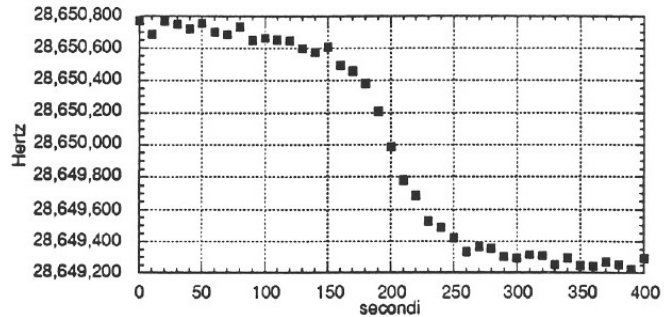
xy. La spira mobile è inizialmente molto lontana dall'origine, ma vi si sta avvicinando; essa inizialmente non è percorsa da corrente. Se ne descriva il moto qualitativamente e, in particolare, si dica se viene attratta o respinta dalla spira fissa e come tale interazione dipende dalla corrente nella spira fissa e dalla distanza fra le spire, supponendo che tale distanza si mantenga molto grande rispetto alle dimensioni delle spire.

Anno accademico 1997–1998

1. Un calorimetro contiene 200 cc d'acqua alla temperatura di 18 °C. Nell'acqua è immersa una spirulina conduttrice la cui resistenza è 2.3 Ohm. Se si dispone di un alimentatore che fornisce una tensione di 50 Volt, che resistenza si deve porre all'esterno del calorimetro ed in serie alla spirulina se si vuole che in 5 minuti la temperatura dell'acqua salga a 60 °C? (Si trascuri la capacità termica del calorimetro)
2. Un ascensore a pieno carico pesa 10 tonnellate. Esso discende con la velocità di 150 metri al minuto. In quanto tempo ed in quanti metri, al minimo, lo si può fermare se il carico massimo che i cavi possono sopportare corrisponde ad un peso di 15 tonnellate? Si faccia l'ipotesi che, in aggiunta alla forza di gravità, l'unica forza agente sull'ascensore sia la tensione dei cavi.
3. Un fascio Laser della potenza di 1 Watt incide perpendicolarmente su di uno specchio e viene riflesso totalmente. La luce è costituita da fotoni ciascuno dei quali trasporta una energia $E = h\nu$ ed una quantità di moto $P = h/\lambda$ dove ν è la frequenza, λ è la lunghezza d'onda e h è la costante di Planck. Determinare la forza esercitata dalla luce sullo specchio.
4. Una differenza di potenziale di 250 Volt viene applicata alle armature di un condensatore costituito da due facce metalliche piane ed orizzontali poste alla distanza di 1 cm. Su di una piccola goccia sferica di olio (densità = 0.92 g/cm³) è depositata una carica elettrica pari a 10 volte la carica dell'elettrone ed essa rimane sospesa fra le due armature poiché la forza esercitata dal campo elettrico bilancia esattamente la forza peso. Determinare quale deve essere il diametro della goccia affinché essa rimanga ferma in equilibrio.



5. Per tutti i pianeti del sistema solare la principale fonte di energia è costituita dal Sole. La luce emessa dal Sole viene in parte assorbita ed in parte riflessa da ciascun pianeta. L'energia irradiata da ciascun pianeta nello spazio è costituita, oltre che dalla luce riflessa, dalla radiazione di corpo nero che trasporta per unità di tempo, una quantità di energia proporzionale alla superficie del pianeta ed alla quarta potenza della sua temperatura assoluta. Supponendo che, per ciascun pianeta, sussista una situazione di equilibrio tra la energia assorbita e quella riemessa nello spazio, si dia una stima della temperatura superficiale di Giove e di Nettuno sapendo che essi si trovano ad una distanza dal Sole rispettivamente 5.2 e 30 volte maggiore della Terra. Si faccia l'ipotesi che per questi pianeti il rapporto fra l'energia luminosa assorbita e quella riflessa sia simile a quello della Terra.
6. Un satellite artificiale emette un segnale radio che viene ricevuto da una stazione a terra.



La frequenza del segnale ricevuto durante un passaggio varia nel tempo secondo il grafico riportato in figura. Supponendo che la velocità del

satellite e la frequenza del segnale emesso siano costanti si determini in modo approssimato:

- La frequenza del segnale radio emesso dal satellite.
- La velocità del satellite.
- La minima distanza dalla stazione ricevente raggiunta dal satellite durante il passaggio.



Costanti fisiche

costante di Planck $h = 6.626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$

carica dell'elettrone $e = 1.602 \cdot 10^{-19} C$

massa dell'elettrone $9.109 \cdot 10^{-31} kg$

massa del protone $1.673 \cdot 10^{-27} kg$

velocità della luce $2.998 \cdot 10^8 m/s$

costante dielettrica del vuoto $\epsilon = 8.853 \cdot 10^{-12} C^2/(Nm^2)$

permeabilità magnetica del vuoto $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} N/A^2$

costante gravitazionale $G = 6.672 \cdot 10^{-11} m^3/(kg \cdot s^2)$

numero di Avogadro $6.022 \cdot 10^{23}$

costante di Boltzmann $k = 1.380 \cdot 10^{-23} J/K$

costante universale dei gas $R = 8.314 J/(mol \cdot K)$

accelerazione di gravità alla superficie della terra $g = 9.81 m/s^2$

densità dell'aria (P = 1 Atm. e T = 0 °C) $1.29 kg/m^3$

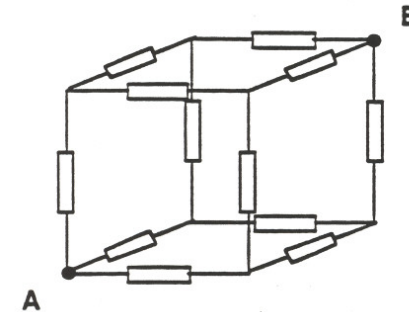
densità dell'acqua $1.00 g/cm^3$

piccola caloria $4.18 J$

temperatura dello zero assoluto: 0 Kovvero $-273.14 \text{ } ^\circ C$

Anno accademico 1998–1999

1. Si immagini che uno scienziato si trovi in un laboratorio a bordo di un treno che sta viaggiando con velocità costante v e che egli voglia determinare l'intensità del campo elettrico prodotto da un generatore misurando con grande precisione la forza che agisce su di una carica elettrica campione. Si dica in che modo questa misura può essere influenzata dalla presenza del campo magnetico terrestre **B**.
2. Sui 12 lati di un cubo sono poste 12 resistenze uguali di 60 Ohm, collegate fra di loro ai vertici del cubo. Se si stabilisce una differenza di potenziale fra due vertici di massima distanza, come A e B in figura, esistono dei vertici ad eguale potenziale? Calcolare la resistenza complessiva del circuito fra due vertici di massima distanza.



3. Ci sono ragioni per supporre che il protone abbia una vita media τ lunga ma finita, cioè che esista una probabilità per unità di tempo $1/\tau$ che il



protone decade, trasformandosi in altre particelle. Per verificare questa ipotesi, in un esperimento in corso circa 10000 tonnellate di acqua sono “guardate” da opportuni rivelatori in grado di accertare se anche uno solo dei protoni contenuti nell’acqua decade. In un anno intero, nessuna osservazione positiva è stata riportata. Cosa si può dire qualitativamente e quantitativamente su τ ?

4. Nelle onde sonore che percepiamo comunemente l’energia viene trasmessa attraverso dei rapidi movimenti oscillatori dell’aria. Si stimi l’ordine di grandezza dell’ampiezza di queste oscillazioni supponendo di trovarsi alla distanza di decimetri da un sistema di altoparlanti che emette un suono della frequenza di 400Hz avente una potenza totale di 100 Watt distribuita in modo isotropo (cioè con la stessa intensità in tutte le direzioni)
5. Si supponga di arrestare la Luna nella sua traiettoria circolare intorno alla Terra e di lasciarla cadere verso la Terra. Con quale accelerazione essa comincerebbe a cadere? Per tempi molto piccoli rispetto al tempo di rivoluzione della Luna intorno alla Terra, il moto della Luna può essere visto come la composizione di un moto in direzione della Terra con un moto rettilineo uniforme tangente alla traiettoria circolare. Calcolare di quanto cade la Luna in un secondo con pure considerazioni geometriche. Come sono connesse le risposte alle due domande precedenti?
6. Un osservatore si trova all’interno di una cabina di un ascensore in caduta libera, che si muove cioè di moto accelerato uniforme verso il basso con accelerazione uguale all’accelerazione di gravità g . Si immagini che l’osservatore compia delle misure per studiare la propagazione di un raggio di luce rispetto ad un sistema di coordinate solidale con la cabina. Secondo il “principio di equivalenza” (uno dei fondamenti su cui si

basa la Teoria della Relatività Generale) l’osservatore troverà che la luce si propaga in linea retta e con velocità costante. Per questa ragione, un raggio di luce che percorre una distanza di un metro in direzione ortogonale alla forza di gravità subisce, per un osservatore solidale con la Terra, una piccola deviazione. Di quale ordine di grandezza? Si immagini di comprimere tutta la massa della Terra entro una sfera di raggio R . Calcolare per quale valore di R un raggio di luce emesso orizzontalmente in un qualunque punto della superficie percorrerebbe una “orbita” circolare ritornando al punto di partenza.

COSTANTI NUMERICHE

costante di Planck $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

carica dell’elettrone $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

massa dell’elettrone $9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

massa del protone $1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

velocità della luce $2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

costante dielettrica del vuoto $\epsilon_0 = 8.853 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N m}^2)$

permeabilità magnetica del vuoto $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$

costante gravitazionale $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)$

numero di Avogadro $6.022 \cdot 10^{23}$

costante di Boltzmann $k = 1.380 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

costante universale dei gas $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol.K})$

accelerazione di gravità alla superficie della terra $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

densità dell’aria (alla pressione di 1 Atm e alla temperatura di 0 °C) $= 1.29 \text{ kg/m}^3$

densità dell’acqua 1.00 g/cm^3

piccola caloria $= 4.18 \text{ J}$

temperatura dello zero assoluto: 0 Kelvin -273.14 °C

raggio della Terra $= 6370 \text{ Km}$

distanza Terra-Luna $= 380000 \text{ Km}$



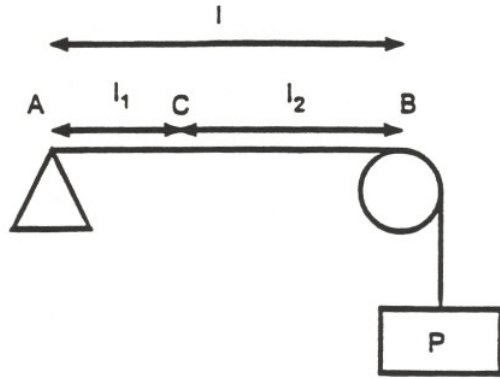
velocità del suono = 340 m/s

periodo di rivoluzione della luna = 27.3 giorni

Anno accademico 1999–2000

1. James Chadwick scoprì il neutrone nel 1932 e poté determinarne la massa, m_n , studiandone l'urto con atomi di idrogeno, H , e di azoto, N , il cui rapporto di massa m_H/m_N era noto. Mostrare che m_n/m_H è determinabile se si misurano le massime velocità v_H e v_N ottenibili da atomi di idrogeno e azoto, inizialmente fermi, in un urto elastico con un neutrone di velocità fissa ma ignota.
2. Marte, che dista dal Sole 1.52 volte la distanza della Terra dal Sole ($d_{MS} = 1.52 d_{TS}$), ha una luna, Deimos, con un periodo di 30.3 ore e un'orbita di raggio $d_{DM} = 1.6 \cdot 10^{-4} d_{TS}$. Calcolare il rapporto fra la massa di Marte e la massa del Sole, supponendo di non conoscere la costante gravitazionale.
3. Un cavo teso orizzontalmente da un peso P in B e sollecitato verticalmente vicino ad A diventa sede di un'onda elastica che si propaga con velocità v lungo il cavo stesso. Il peso della corda è piccolo rispetto a P , così come è piccolo lo spostamento verticale rispetto al segmento AB .
 - (a) La velocità v dipende da P e dalla densità per unità di lunghezza μ del cavo. Come?
 - (b) Si supponga ora il cavo composto di due pezzi di metalli diversi di densità μ_1 e μ_2 e lunghezze l_1 e l_2 , giuntati in C , e che la perturbazione della corda sia sinusoidale con periodo T . Quale condizione deve essere soddisfatta affinché possa stabilirsi nella corda un'onda stazionaria con nodi in A , B e C ?
 - (c) Qual'è la minima frequenza alla quale si osserva l'onda stazionaria?





modelli sopra indicati, qualunque sia la precisione della misura. Quali sono questi intervalli? Giustificare solo brevemente la risposta.

5. Un disco metallico di materiale non ferromagnetico di raggio R ruota nel piano verticale a velocità angolare costante ω in un campo magnetico B parallelo all'asse del disco.

- (a) Calcolare la differenza di potenziale che si viene a creare tra il centro e la periferia del disco.
- (b) Si ponga il disco in accelerazione per mezzo di un peso di massa m legato ad un filo flessibile avvolto alla periferia del disco e si pongano due contatti striscianti privi di attrito, uno al centro e l'altro alla periferia del disco, connessi tra loro da una resistenza A . Si scriva l'equazione che descrive il bilancio energetico.
- (c) Spiegare perché il moto raggiunge una velocità di regime costante e trovarne il valore per $R = 50$ cm, $B = 1$ kGauss, $A = 1 \Omega$, $m = 0.1$ kg.

6. Un fluido incompressibile di densità ρ si muove in un tubo di sezione S con velocità v . Il tubo ha un gomito che costringe il fluido a cambiare direzione di un angolo θ , come mostrato in figura 2.

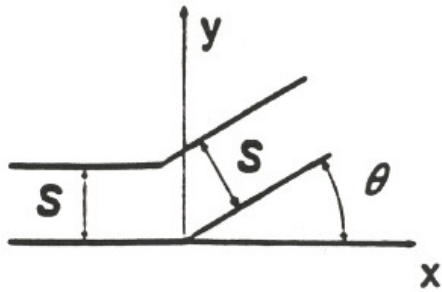


(d) In questo caso, quanti nodi si osservano sulla corda, inclusi A, C e B?

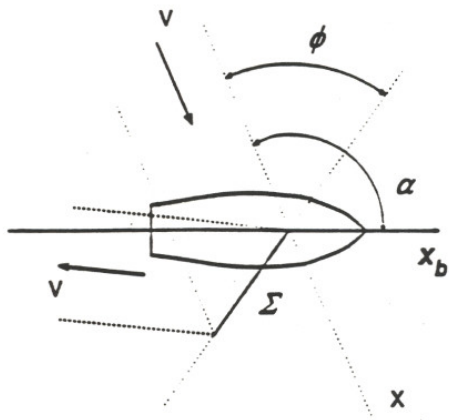
4. La misura della deviazione subita da una particella α , di carica positiva q_α , per effetto del campo elettrico del nucleo atomico, di carica positiva q_N , consentì a Lord Rutherford di determinare la distribuzione della carica del nucleo all'interno del raggio atomico a_0 .

A grande distanza dal nucleo, laddove l'interazione elettrostatica col nucleo è trascurabile, la particella α ha energia cinetica E e parametro d'impatto b , definito come la distanza fra la direzione di volo della particella α e il centro del nucleo. Si suppone la particella α puntiforme e il nucleo fisso. Con l'esperimento si vuole discriminare il caso della carica q_N puntiforme da quello della carica uniformemente distribuita all'interno di una sfera di raggio a_0 .

Tenendo conto che una distribuzione sferica di carica produce ad una distanza r dal suo centro lo stesso campo elettrico della carica interna alla sfera di raggio r e tutta concentrata nel centro, esistono intervalli di valori di E e b per cui l'esperimento non ha potere discriminante fra i due



costante secondo lo schema della seconda figura. Si assume che il moto della barca sia esclusivamente in direzione x_b e che il vento si rifletta sulla vela con un angolo di riflessione uguale all'angolo di incidenza. Calcolare la componente della forza in direzione x_b assumendo che la superficie della vela Σ definisca la sezione del tubo d'aria che si riflette, in funzione dell'angolo α tra la direzione di provenienza del vento e la direzione della barca e dell'angolo ϕ tra la vela e il vento. Trovare una relazione che permetta di ottimizzare l'angolo della vela rispetto al vento, ϕ_m , e determinare ϕ_m per alcuni valori particolari.



Calcolare le componenti x e y della forza esercitata sul tubo e il modulo della forza stessa. Questo esercizio è utile nel comprendere il funzionamento di una barca a vela soggetta ad un vento di velocità relativa v

COSTANTI NUMERICHE

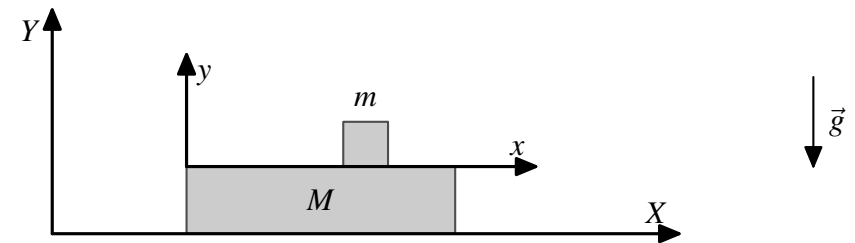


costante di Planck	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
carica dell'elettrone	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
massa dell'elettrone	$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
massa del protone	$m_p = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
velocità della luce	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
costante dielettrica del vuoto	$\epsilon_0 = 8.853 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{Nm}^2)$
permeabilità magnetica del vuoto	$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
costante gravitazionale	$G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg s}^2)$
raggio della Terra	6370 Km
distanza Terra-Luna	380000 Km
periodo di rivoluzione della luna	27.3 giorni
distanza Terra-Sole	$1.5 \cdot 10^8 \text{ Km}$
raggio del Sole	700 000 Km
accelerazione di gravità alla superficie della terra	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
numero di Avogadro	$6.022 \cdot 10^{23}$
costante di Boltzmann	$k = 1.380 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
costante universale dei gas	$R = 8.314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$
piccola caloria	4.18 J
temperatura dello zero assoluto	0 K ovvero $-273.140 \text{ }^\circ\text{C}$
costante di Stefan-Boltzmann	$\sigma_u = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \text{ K}^4)$
densità dell'aria ($P = 1 \text{ Atm}$ e $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	1.29 kg/m^3
densità dell'acqua	1.00 g/cm^3
velocità del suono	340 m/s

Anno accademico 2000–2001

1. Un blocco di massa M si sta muovendo senza attrito su un supporto orizzontale solidale alla terra (sistema di riferimento X, Y) con velocità uniforme V_0 . Su di esso è posato un blocchetto di massa m , immobile rispetto ad M .
Improvvisamente viene applicata alla massa M una forza orizzontale F di frenamento antiparallela a V_0 .

- (a) In assenza di ogni attrito si studi il moto relativo di m rispetto ad M (sistema di riferimento x, y). Si determini l'istante in cui M si arresta e la velocità relativa di m rispetto ad M prima e dopo tale istante.
- (b) Assumendo un coefficiente di attrito f tra m ed M , si trovi il tempo t_1 in cui M si arresta ed il tempo t_2 in cui si arresta anche m rispetto al sistema X, Y .



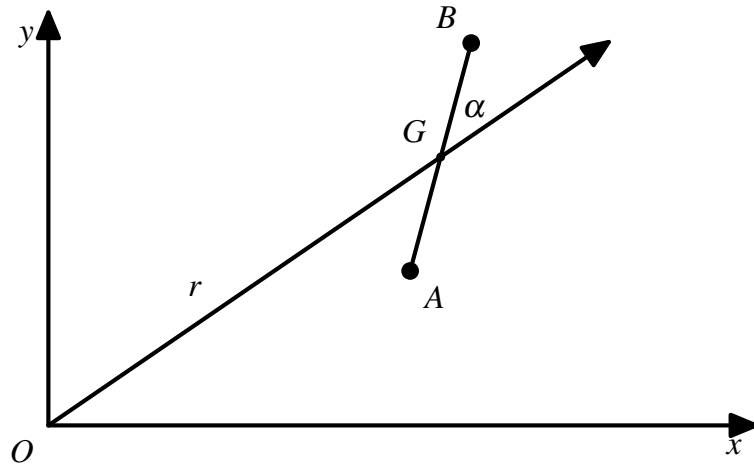
2. La forza con cui la terra attrae un punto materiale di massa m , che si trovi in un punto generico P è $\vec{F} = -\mu m \vec{OP} / OP^3$ dove O è il centro della



terra e $\mu = 4 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$.

Si abbia un satellite artificiale costituito da due sferette uguali di massa m legate rigidamente da una sbarra di lunghezza $AB = 2L$ e di massa trascurabile.

Si vuole studiare il moto del satellite attorno al suo centro di massa G mentre questo orbita attorno alla terra su di una traiettoria circolare (piano x, y) di raggio r .



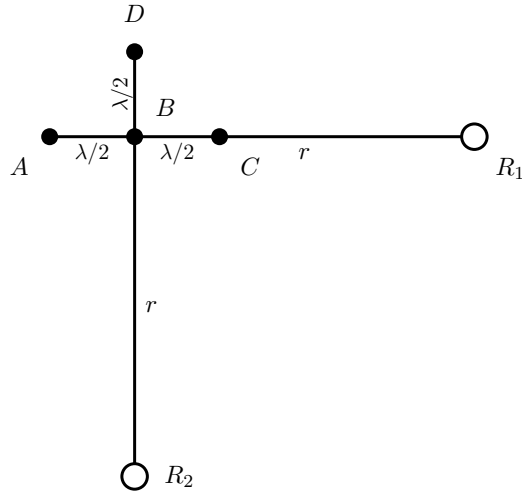
- (a) Per quali valori dell'angolo α il momento delle forze agenti sul satellite, calcolato rispetto a G , è nullo?
- (b) Tenendo conto che $L \ll r$, mostrare che, in prima approssimazione, questo momento, diretto lungo l'asse z è:

$$M_z = -(3 \mu m / L)(L / r)^3 \sin 2 \alpha .$$

(c) Calcolare il periodo delle piccole oscillazioni attorno alla posizione di equilibrio stabile per $r = 7000 \text{ Km}$, $L = 5 \text{ m}$ e $m = 4 \text{ Kg}$.

3. Si accende il generatore che fornisce corrente all'avvolgimento di un solenoide rettilineo di sezione circolare il cui raggio è $a = 0.1 \text{ m}$. La lunghezza del solenoide è grande rispetto ad a . Su una delle imboccature del solenoide, dove il campo magnetico è disomogeneo, è montato, aderente all'avvolgimento e coassiale con esso, un anello conduttore dello stesso raggio a , la cui resistenza è $R = 1.0 \Omega$. L'anello è isolato dall'avvolgimento ed è fornito di un microamperometro che misura la corrente che lo attraversa durante l'accensione del magnete. Si osserva che questa corrente, nulla inizialmente, è costante con valore $I = 31 \mu\text{A}$ durante tutto il processo di accensione, che questo processo dura un tempo $T = 0.8 \text{ s}$ e che, successivamente, $I = 0$. Si determini il valore B del campo di induzione magnetica presente all'interno del solenoide alla fine del processo di accensione.
4. Un fabbricante di diapason vuole controllare la qualità dei suoi prodotti. Nominalmente un certo tipo dovrebbe produrre un suono di frequenza $\nu = 2000 \text{ Hz}$. La precisione $\Delta\nu/\nu$ con cui gli strumenti escono dalla linea di fabbricazione è comunque migliore della risoluzione dell'orecchio umano, che è $\Delta\nu/\nu = 3.0 \cdot 10^{-3}$. Si progetti un metodo di misura in cui, sempre usando l'orecchio, si possano discriminare tra loro due diapason, uno con $\nu_1 = 2000 \text{ Hz}$ e l'altro con $\nu_2 = 2001 \text{ Hz}$, individuando anche quale dei due è caratterizzato dalla frequenza più alta.
5. Quattro sorgenti di radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda λ , identiche e sincronizzate





A , B , C e D sono disposte come in figura, dove sono indicate anche le distanze reciproche. Due ricevitori R_1 ed R_2 hanno la stessa distanza $r \gg \lambda$ da B , ma si trovano nelle due posizioni differenti del disegno. Quale dei due ricevitori registra il segnale più intenso? Se B oppure, in alternativa, D non è attivo, c'è almeno un ricevitore che può discriminare i due casi? Se I_0 è l'intensità della radiazione registrata da ciascuno dei due ricevitori quando una sola delle quattro sorgenti è attiva, si diano le intensità registrate nei tre casi precedentemente descritti.

1. E' dato un satellite di massa $m = 103 \text{ kg}$ in un'orbita circolare geostazionaria (cioè ruota su un'orbita equatoriale con la stessa velocità angolare della Terra). Il satellite dispone di opportuni razzi che possono modificarne la velocità ma non la direzione. L'azione dei razzi è istantanea (cioè agiscono per un tempo molto breve).
 - 1° caso. Mediante i razzi si vuole allontanare definitivamente il satellite dalla Terra.
 - a) Calcolare la minima variazione di quantità di moto che i razzi devono imprimere al satellite e il lavoro fatto da essi sul satellite.
 - 2° caso. Ora invece, sempre utilizzando opportunamente i razzi, si vuole riportare il satellite (in orbita geostazionaria) sulla Terra. Si ignori l'effetto dell'atmosfera.
 - b) Dopo l'azione (istantanea) dei razzi, quale traiettoria deve percorrere il satellite affinché arrivi tangente alla superficie terrestre?
 - c) Calcolare, facendo uso della terza legge di Keplero, il tempo che impiega il satellite a raggiungere la Terra, dal momento in cui vengono azionati i razzi.
 - d) Calcolare la velocità relativa al suolo con cui il satellite arriva sulla Terra.

N. B. Si utilizzino soltanto le opportune leggi di conservazione e per i calcoli numerici non si faccia uso della costante gravitazionale G , ma dell'accelerazione di gravità g al suolo e del raggio della Terra $R_T = 6.4 \cdot 10^3 \text{ km}$.
2. Una pallina sferica di raggio R e momento di inerzia $I = 2MR^2/5$ può rimbalzare elasticamente su un piano con sufficiente attrito statico perché nell'urto non ci sia strisciamento. Determinare la relazione tra velocità



angolare (di rotazione attorno al baricentro) e la velocità orizzontale del baricentro prima dell'urto perché, subito dopo l'urto, la pallina abbia velocità opposta.

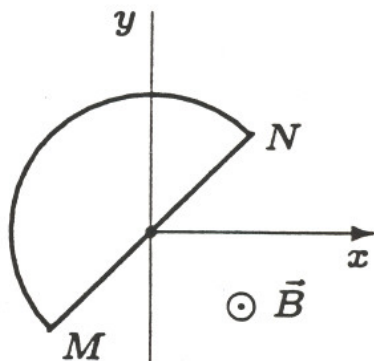
3. Si consideri un treno che entra in una galleria e si stimi la variazione di pressione che si produce nel tratto di galleria in cui è presente il treno, rispetto alla pressione in assenza del treno. Mostrare come essa dipenda dal rapporto tra la velocità del treno v_t , e la velocità del suono v_s , dalla sezione del treno S_t , e della sezione della galleria S_0 . (Si ricordi che la velocità del suono è legata alla temperatura dalla relazione $v_s = (\gamma RT/\mu)^{1/2}$, dove μ è la massa della grammolecola di aria e l'indice adiabatico per l'aria è $\gamma = 1.41$; si consideri l'aria come fluido perfetto).
4. Un recipiente di volume $V = 40$ litri, termicamente e meccanicamente isolato dall'esterno, è diviso in due parti di volumi $V_1 = 10$ litri e $V_2 = 30$ litri, contenenti rispettivamente 0.5 moli di O_2 alla temperatura $T_1 = 600$ K e una mole di N_2 alla temperatura $T_2 = 300$ K. I due gas vengono considerati come gas ideali, e quindi le capacità termiche a volume costante di una grammolecola sono uguali. Il setto divisorio, inizialmente bloccato, è permeabile al calore. Sempre a partire da queste condizioni iniziali,
 - (a) determinare lo stato finale dei due gas se il setto divisorio viene mantenuto bloccato;
 - (b) determinare lo stato finale dei due gas, se il setto divisorio viene lasciato libero di spostarsi;
 - (c) determinare lo stato finale dei due gas, se nel setto divisorio, bloccato, viene praticato un foro.

- (d) Senza calcolarla esplicitamente, dire in quale dei tre suddetti casi l'entropia dello stato finale è maggiore e in quale è minore.

[R (costante dei gas) = 8.31 J/K mol = 0.082 litri atm/K mol].

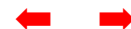
5. Una sfera conduttrice piena di raggio R è fissa su un carrello che si muove orizzontalmente lungo una retta con accelerazione a costante.
 - (a) Spiegare perché (in condizioni stazionarie) è presente un campo elettrico dentro la sfera, e calcolarlo.
 - (b) Calcolare la differenza di potenziale elettrico fra i due poli della sfera nella direzione del moto se $a = 10^4 \text{ cm/s}^2$ e $R = 10$ cm.
 - (c) Un filo conduttore viene saldato ai due suddetti poli della sfera. Dire se nel filo scorre corrente.
 - (d) Supponiamo ora, invece, che la sfera sia in caduta libera verticale nel campo di gravità. Dire se in questo caso è presente un campo elettrico dentro la sfera.
6. Il semispazio $x > 0$ è sede di un campo magnetico B che assumiamo costante, uniforme e parallelo all'asse z . Un motorino mantiene in rotazione una spira semicircolare di raggio a e resistenza R . La spira è disposta nel piano xy con il centro del diametro nell'origine e ruota in verso antiorario (rispetto a B) con velocità angolare ω attorno all'asse passante per il centro del diametro e parallelo al campo magnetico. Si trascurino gli effetti dovuti all'autoinduzione della spira.





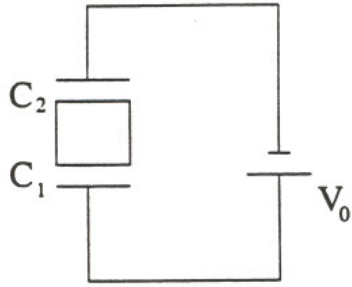
- Calcolare la corrente $I(t)$ che circola nella spira, e farne il grafico.
- Calcolare la potenza dissipata per effetto Joule nella spira. Da dove proviene l'energia dissipata per effetto Joule?
- Dire come viene modificato, qualitativamente, l'andamento della corrente $I(t)$ se si tiene conto dell'autoinduzione della spira e fare un grafico approssimativo della corrente.

- Ad un dato istante, da un palo verticale di altezza h vengono fatte cadere $N \gg 1$ palline di raggio trascurabile e masse m_i ($i = 1, 2, \dots, N$), con velocità iniziali \vec{v}_i aventi ugual modulo ($|\vec{v}_i| = v_0$) e direzioni distribuite su tutto l'angolo solido. Trascurando l'attrito dell'aria, si dimostri che fino a quando una di esse non tocca il suolo si trovano tutte disposte sulla superficie di una sfera, e si calcolino in funzione del tempo il centro ed il raggio di tale sfera. Si determini la massima distanza l dal piede del palo a cui una pallina può arrivare al suolo nei due casi limite $hg \gg v_0^2$ e $hg \ll v_0^2$, ove g è l'accelerazione di gravità, e nel caso generale.
- Una macchina termica produce lavoro compiendo una successione di cicli di Carnot. In ciascun ciclo, la macchina termica scambia piccolissime quantità di calore con due corpi aventi inizialmente temperature diverse $T_1 > T_2$. Si assumano uguali e costanti le capacità termiche dei due corpi ($C_1 = C_2 = C$). Asintoticamente i corpi raggiungono una temperatura finale comune T_f , e la macchina termica non può più funzionare. Si determinino T_f e il lavoro L complessivamente prodotto.
- Dentro una sfera di raggio R_0 sono distribuite un gran numero di particelle, ciascuna di massa m e carica q , in modo tale che il loro numero per unità di volume sia lo stesso ovunque entro la sfera. All'istante iniziale, si rimuovono i vincoli che tenevano ferme queste particelle e le si lascia libere di muoversi sotto la sola azione delle mutue interazioni elettromagnetiche. Si dimostri come all'aumentare del tempo la distribuzione delle particelle rimanga uniforme all'interno di una sfera, e si calcoli la velocità asintotica con cui aumenta il raggio $R(t)$ di tale sfera.



4. Si consideri un filo disposto lungo una spirale piana di equazione $r = k\phi$, ove r è la distanza dall'origine e ϕ è l'angolo azimutale del raggio vettore \vec{r} che descrive lo svolgersi della spirale a partire dall'origine fino ad un valore $\phi_{max} \gg 2\pi$. La spirale è immersa in un campo magnetico uniforme ortogonale al suo piano e di modulo variabile nel tempo secondo la legge $B(t) = B_0 \sin(\omega t)$. Si determini la forza elettromotrice indotta tra le due estremità del filo.
 5. Un recipiente cilindrico posto in rotazione con velocità angolare ω attorno al suo asse verticale contiene un liquido che ruota anch'esso assieme al recipiente. Si determini, in presenza dell'accelerazione di gravità g , la forma assunta dalla superficie libera del liquido all'equilibrio. Supponendo che tale superficie sia riflettente, si determini il punto in cui si forma l'immagine di una stella posta sulla verticale del cilindro.
1. Un uomo in piedi di altezza h vede la sua immagine completa in uno specchio verticale di altezza h_s . Qual è il minimo valore di h_s affinché questo possa succedere? Un tale specchio deve essere posizionato in modo preciso? Se sì, come?
 2. La luce è costituita da fotoni, ciascuno dei quali trasporta una energia $E = h\nu$ ed un impulso $p = h/\lambda$, dove ν è la frequenza e λ la lunghezza d'onda della luce in questione. Un granello di polvere stellare che assorbe (senza riflettere) la luce del sole che lo investe, subisce per questo una forza che lo respinge dal sole stesso. Determinare il rapporto dell'intensità di questa forza con quella della gravitazione solare per un granello sferico di raggio r e densità ρ . Assumendo $\rho = 10^{-1} \text{g/cm}^3$ calcolare l'ordine di grandezza di r per cui queste forze si bilanciano.
 3. Avere due occhi e due orecchie, anziché uno/una, è essenziale per percepire la distanza di un oggetto e la direzione di provenienza di un suono. In talune circostanze, però, sapere anche un po' di fisica non guasta. Qual è la profondità apparente di una vasca piena di acqua per un osservatore che la guarda dall'esterno? Come si modifica quantitativamente la percezione della direzione di provenienza di un suono per un nuotatore subacqueo fuori e dentro l'acqua?
 4. Si consideri una piastra metallica (indicata in figura con un quadrato) collegata capacitivamente ad un generatore di tensione. Determinare il numero di elettroni in eccesso (o difetto) presenti sulla piastra che minimizzano l'energia del sistema ($C_1 = 10^{-15} \text{ F}$, $C_2 = 0.5 \cdot 10^{-15} \text{ F}$, $V_0 = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ V}$).





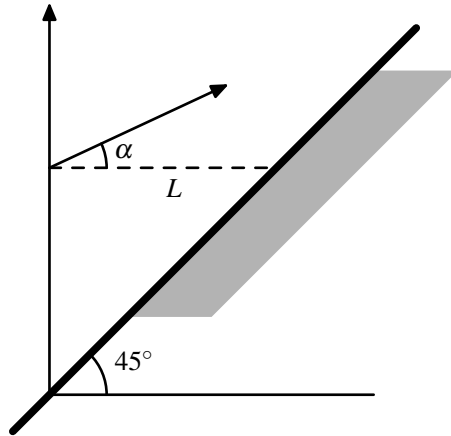
COSTANTI NUMERICHE

Luminosità del sole	$4 \times 10^{26} W$
Costante di Newton	$6.7 \times 10^{-11} m^3 / Kg sec^2$
Velocità della luce	$3 \times 10^8 m/sec$
Massa del sole	$2 \times 10^{30} Kg$
Massa di Giove	$6 \times 10^{27} Kg$
Distanza sole - Giove	$2 \times 10^{11} m$
Indice di rifrazione dell'acqua	1.33
Velocità del suono nell'aria	$340 m/sec$
Velocità del suono nell'acqua	$1400 m/sec$
Carica dell'elettrone	$1.6 \times 10^{19} C$
Carica dell'elettrone	$1.6 \times 10^{-19} C$

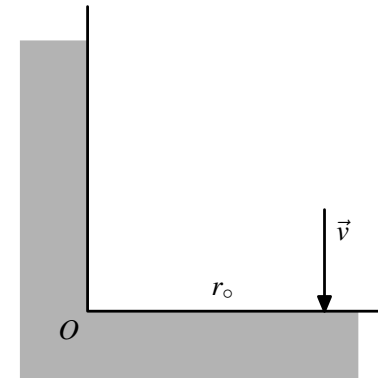
5. L'osservazione di un piccolo spostamento periodico delle frequenze della luce emessa da una stella può consentire di rivelare la presenza attorno alla stella di un pianeta non altrimenti visibile. Che spostamenti di frequenza dovrebbe saper rivelare un osservatore esterno al sistema solare, posizionato in modo ottimale, per mettere in evidenza la presenza di Giove in questo modo?
6. Siano date due orbite circolari intorno alla Terra, complanari, di raggi R_1 e R_2 , con $R_2 > R_1$. Si vuole portare un satellite artificiale da R_1 a R_2 , accendendo i suoi razzi. Si assuma che il cambiamento di velocità causato dall'accensione dei razzi sia istantaneo e avvenga quando il satellite lascia l'orbita iniziale e quando raggiunge la distanza R_2 . Si assuma inoltre che il consumo di carburante sia proporzionale al quadrato della velocità impartita dai razzi. Qual è l'orbita intermedia fra R_1 e R_2 che consente il minor consumo di carburante?



1. Due condensatori di capacità C_1 e C_2 con $C_2 > C_1$ sono inizialmente carichi con la stessa carica $Q_1 = Q_2 = Q_0$. Sono quindi connessi collegando tra loro con due fili conduttori le armature aventi la stessa polarità. Si determini lo stato finale dei condensatori e si discuta il relativo bilancio energetico.
2. Come devo lanciare una palla da tennis contro una parete inclinata a 45° in modo che, fissato il valore dell'energia cinetica con cui la palla è lanciata, essa raggiunga la massima altezza possibile dopo un solo rimbalzo? Si indichi con α l'inclinazione del lancio e con L la distanza in orizzontale del punto di lancio dalla parete (vedi figura).



3. Una particella di massa m è costretta a muoversi in una regione del piano delimitata da due pareti che formano un angolo retto, come in figura. La particella subisce in ogni punto una forza diretta verso il vertice dell'angolo di intensità pari a α/r^2 (ad esempio, la forza gravitazionale o quella elettrica), dove r è la distanza dal vertice e α una costante. Inizialmente essa viene lanciata in modo da urtare contro una delle due pareti ad una distanza r_0 dal vertice con una velocità \vec{v} diretta perpendicolarmente alla parete stessa. I rimbalzi sulle pareti sono perfettamente elastici.



- (a) Quali quantità si conservano nel moto della particella?
- (b) Qual è la condizione sulla velocità iniziale affinché il moto della particella sia periodico? Nel caso che questa condizione sia verificata, quant'è il numero massimo di rimbalzi in un periodo?
- (c) Si determinino nel caso di moto periodico la distanza minima e la distanza massima dal vertice raggiunte dalla particella durante il suo moto.

4. Secondo Erodoto l'erezione della piramide di Kufu a Giza richiese 100.000 uomini. Possiamo a nostra volta cercare di stimare questo numero presumendo che gli uomini usassero solo la loro forza muscolare e considerando che un uomo può svolgere circa $2.5 \cdot 10^5$ J di lavoro utile al giorno. In questa ipotesi quanti uomini sono necessari in un anno solo per sollevare al loro posto le pietre della piramide alta 147 m e con una base quadrata di 230 m di lato? Le pietre hanno densità di 2.7 g/cm^3 .
5. Nel 1997 nella stazione spaziale Mir si produsse un piccolo foro con l'esterno, a causa del quale la pressione interna passò dal valore normale di 750 mm di mercurio a quello di 675 mm in 8 minuti.
- (a) Si mostri che durante tale periodo la pressione interna diminuì con legge esponenziale.
- (b) Si stimi l'area del foro sapendo che il volume pressurizzato della stazione era di 400 m^3 e che la temperatura interna era di $24 \text{ }^\circ\text{C}$.
6. La possibile esistenza di una "costante cosmologica" Λ è uno dei risultati più sorprendenti della fisica degli ultimi anni. In presenza di una costante cosmologica, la forza radiale su un pianeta di massa m in orbita attorno al Sole ad una distanza r vale

$$F_\Lambda = -\frac{G_N m M_S}{r^2} + \frac{\Lambda m r}{3}$$

- (a) Per Λ positivo, il termine correttivo dovuto alla costante cosmologica è equivalente alla presenza di una densità di massa uniforme e negativa (cioè che agisce respingendo il pianeta). Densità di quale valore?

- (b) Le osservazioni cosmologiche indicano un valore di Λ di circa $10^{-35} \text{ sec}^{-2}$. Qual è l'ordine di grandezza della modifica relativa del periodo di rivoluzione della Terra intorno al Sole dovuta alla presenza di una tale costante cosmologica ?

Costanti numeriche

$$\text{Massa del protone } m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Costante di Boltzmann } k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{Peso atomico medio dell'aria } \langle A \rangle = 28$$

$$\text{Costante di Newton } G_N = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

$$\text{Numero di Avogadro } N = 6.0 \cdot 10^{23}$$

$$\text{Carica elettrica } e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Distanza Terra-Sole } d = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$\text{Massa del Sole } M_S = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$



Anno accademico 2005–2006

1. Un recipiente contenente 7 litri d'acqua viene posto su un fornello che eroga 100 Watt. A causa delle perdite, l'acqua non riesce a sorpassare la temperatura $T = 91$ °C. Si spegne allora il fornello. Quanto tempo occorre perché la temperatura dell'acqua diminuisca di 1 °C? (1 caloria = 4.1868 J).
2. Un punto materiale, soggetto solo alla forza gravitazionale, orbita attorno ad un oggetto massivo (ossia di massa molto superiore a quella del punto materiale), inizialmente su un'orbita circolare, con periodo T . Esso viene improvvisamente arrestato nel suo moto, e lasciato cadere verso la particella massiva. Dimostrate che il tempo necessario per la collisione è $\tau = T/(4\sqrt{2})$.
3. Si può dare una stima del raggio di Bohr dell'atomo di idrogeno assumendo un'orbita circolare dell'elettrone e un potenziale puramente coulombiano. Si faccia tale stima facendo uso della condizione fornita dal principio di indeterminazione $p \cdot r \geq \hbar$, ove p è la quantità di moto dell'elettrone.
 $m_e = 9.10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$, $\hbar = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$.
4. Una scatola è dotata di due morsetti e un commutatore con il quale si può selezionare la resistenza elettrica presente tra i due morsetti, scegliendola tra un valore noto R_0 e un altro valore ignoto (ma costante) R . Avendo a disposizione una pila, di resistenza interna ignota R_{int} e un voltmetro (ideale), come è possibile misurare il valore della resistenza ignota R ?

5. Si consideri un trenino elettrico composto da una locomotiva di massa m posta su un circuito circolare di raggio R appoggiato su un piano orizzontale fisso. Le dimensioni della locomotiva sono trascurabili rispetto a R , la massa di tutti i binari componenti il circuito è M e il circuito può scorrere sul piano di appoggio senza attrito alcuno. Locomotiva e circuito sono inizialmente fermi, poi la locomotiva si mette in moto fino a raggiungere una velocità di scorrimento relativa ai binari v_0 costante. Si determini la traiettoria della locomotiva rispetto al piano di appoggio, ed il periodo T del suo moto dopo il transiente iniziale. Si discutano i due limiti $M \gg m$ e $m \gg M$. In che senso il secondo di essi può essere irrealistico?
6. Un gas monoatomico ideale scorre all'interno di un lungo tubo di sezione costante A . Nel primo tratto del tubo, la velocità di scorrimento del gas è v , la sua temperatura T e la sua densità ρ . Nel mezzo del tubo vi è un dispositivo solidale col tubo che cede al gas una quantità di energia per unità di tempo pari a W . Nel tratto finale del tubo, la velocità di scorrimento del gas è v' con $0 < v' - v \ll v$, la sua temperatura T' e la sua densità ρ' . Assumendo che la pressione P del gas lungo tutto il tubo sia costante, si determini la forza di reazione risultante sul tubo in funzione di W , v , ρ e P .



Anno accademico 2006–2007

1. Si osserva che una stella collassata (pulsar) ruota attorno al suo asse 10 volte al secondo. Supponendo che la pulsar sia sferica si calcoli il valore minimo della sua densità media.

Se il Sole (periodo $T = 24$ giorni) collassasse senza perdere massa in una pulsar di densità nucleare ($10^{17} \text{Kg}/\text{m}^3$), quale sarebbe il suo periodo? Quale sarebbe la sua densità minima con questo periodo? Si considerino solo gli effetti delle forze gravitazionali.

Costanti numeriche

Costante di Newton $G_N = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2 \text{Kg}^{-2}$,

Massa del Sole $M_S = 2 \cdot 10^{30} \text{Kg}$,

Raggio del Sole $R_S = 7 \cdot 10^8 \text{m}$,

Periodo di rotazione del Sole $T_S = 24$ giorni.

2. Una clessidra di altezza totale $2h$ e massa a vuoto M con dentro una massa m di sabbia viene messa su una bilancia. Inizialmente la sabbia è a riposo nella parte superiore e al tempo $t = 0$ comincia a cadere.

Si calcoli cosa segna la bilancia dal tempo $t = 0$ al momento in cui l'ultimo granello è sceso alla base della clessidra e se ne disegni un grafico.

Si supponga che ogni granello di sabbia faccia un salto di altezza h e si fermi istantaneamente alla base della clessidra e che la massa di sabbia che cade per unità di tempo sia costante e pari a $\lambda = dm/dt$.

3. Nella definizione quantistica dell'atomo di idrogeno, per orbite circolari dell'elettrone sufficientemente grandi, il momento angolare dell'elettrone rispetto al protone assume valori discreti di modulo $L_n = \frac{h}{2\pi} n$, dove h è la costante di Planck ed n un intero abbastanza grande.

Applicando questa condizione a normali considerazioni di meccanica classica, calcolare, al variare di n , le corrispondenti energie E_n e le frequenze di rotazione ν_n dell'elettrone note la sua carica e e la sua massa m .

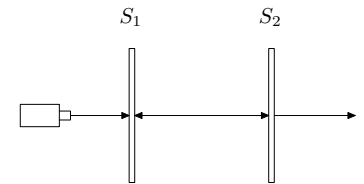
Saltando da un livello di energia E_n a quello adiacente E_{n-1} , l'atomo emette un quanto di luce di frequenza $\bar{\nu}_n = (E_n - E_{n-1})/h$. In che relazione stanno $\bar{\nu}_n$ e ν_n ?

4. Un oggetto cilindrico di massa M e sezione A si muove con velocità w parallela al suo asse in un gas di particelle di polvere di massa m molto minore di M , e numero per unità di volume n . Considerando la velocità v del moto delle particelle molto minore di w , si determini la forza di attrito cilindro causata dagli urti contro le particelle di polvere.

Come cambia il risultato se gli urti tra la polvere e il cilindro sono perfettamente anelastici (la polvere si attacca al cilindro) o se sono invece perfettamente elastici?

Si stimi la dipendenza da w della forza di attrito se invece la velocità v delle particelle di polvere è molto maggiore di w .

5. Si consideri uno specchio che riflette il 98% dell'energia luminosa incidente, ne trasmette l'1% e ne assorbe l'1%. Le due facce dello specchio sono identiche e si comportano nello stesso modo.

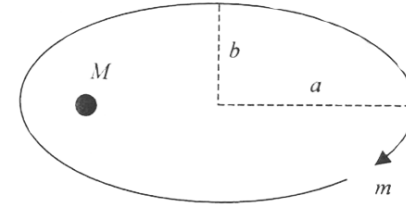


Un raggio di luce viene fatto passare attraverso due di questi specchi identici e paralleli tra loro, posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro. Ambedue gli specchi sono perpendicolari alla direzione del raggio di luce. La potenza luminosa del raggio incidente sul primo specchio è di 1 Watt.



- (a) Si calcoli la potenza del raggio di luce trasmesso dal secondo specchio.
- (b) Si calcoli l'energia luminosa totale contenuta nello spazio compreso tra i due specchi.
- (c) Se, ad un certo istante, il raggio incidente sul primo specchio viene spento, si calcoli dopo quanto tempo l'energia luminosa di cui al punto (b) si sarà ridotta della metà.
6. Due sfere di raggio R e uniformemente cariche con densità di carica opposta hanno una distanza tra i centri $d < 2R$. Si mostri che il campo elettrico all'interno della regione di sovrapposizione delle due sfere è uniforme e proporzionale a d .

1. Un'astronave di massa m orbita attorno ad un pianeta di massa $M \gg m$. L'orbita è ellittica con semiasse maggiore a e semiasse minore b .

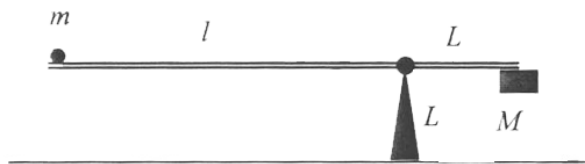


- (a) Si mostri che l'energia totale dell'astronave è data da

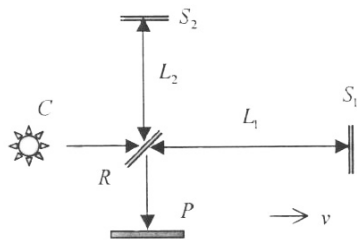
$$E = -\frac{GMm}{2a}.$$

- (b) Usando questa formula si trovi il punto dell'orbita in cui conviene accendere i motori dell'astronave per sfuggire all'attrazione gravitazionale del pianeta. Si supponga che i motori producano sullo scafo una forza costante F e che possano essere accesi per un tempo massimo t molto minore del periodo T dell'orbita.
2. Una catapulta ha due bracci $l > L$ e due masse $M > m$ alle estremità tali che $ML > ml$. La catapulta è inizialmente a riposo in posizione orizzontale, come in figura, e può ruotare senza attrito attorno al suo perno. La massa più piccola è il proiettile che si sgancia quando viene bloccata la catapulta.





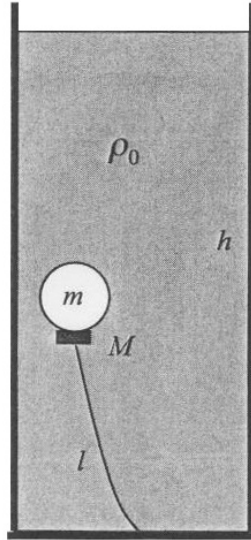
- (a) Si trovi la velocità e l'accelerazione del proiettile in funzione dell'angolo θ di rotazione della catapulta, finché questo resta agganciato al suo braccio.
 - (b) Se la catapulta viene bloccata a un certo angolo θ_0 si trovi il tempo di volo del proiettile se il perno è a un'altezza L dal terreno. Si trascuri l'attrito dell'aria.
 - (c) Trascurando le dimensioni della catapulta si trovi la gittata orizzontale del proiettile.
 - (d) Si trovi la gittata massima e il corrispondente angolo di lancio. Qual è la massa m più grande che si può lanciare a distanza d ?
 - (e) Si calcoli la reazione sul perno durante la rotazione.
3. Un interferometro di Michelson è composto da una sorgente di luce coerente C , da uno specchio semiriflettente R , da due specchi piani S_1, S_2 , e da uno schermo P , come in figura.



La luce, di lunghezza d'onda $\lambda = 500\text{nm}$, si propaga verso lo specchio R , dove si divide in due fasci; il primo percorre la distanza $L_1 = 1.01\text{m}$ verso lo specchio S_2 , e il secondo la distanza $L_2 = 0.99\text{m}$ verso lo specchio S_2 . Tornando sullo specchio R , parte dei due fasci si riuniscono e si sovrappongono sullo schermo P , formando una figura di interferenza circolare. Le distanze CR e RP sono ambedue pari a 1m .

- (a) A quali distanze dal centro della figura sullo schermo si dispongono i massimi e i minimi di interferenza? Si usi la formula ($\cos \theta \simeq 1 - \theta^2/2$) valida per piccoli angoli θ .
 - (b) Sia $d = L_1 - L_2$. Come si muovono i massimi di interferenza variando d ? In particolare cosa succede per $d \ll \lambda$?
 - (c) Si vogliono verificare due ipotesi alternative. (1) La velocità della luce c è la stessa in tutti i sistemi di riferimento. (2) La velocità della luce è c nel sistema dell'etere e si compone additivamente nel passaggio ad altri sistemi di riferimento. Assumendo che la Terra si muova rispetto all'etere ad una velocità $v = 30\text{km/s}$ nella direzione di L_1 , si calcoli la differenza fra la posizione del primo e del secondo massimo circolare nelle due ipotesi. Si usino le formule ($\sqrt{1-x} \simeq 1 - x/2$) e ($1/(1-x) \simeq 1+x$), valide per piccoli x .
Velocità della luce $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$.
4. Un corpo incompressibile di massa $M = 1\text{kg}$ e di volume $V = 0.15\text{dm}^3$ è attaccato a un palloncino di massa trascurabile riempito con una massa $m = 1\text{g}$ di azoto e ancorata sul fondo di un serbatoio d'acqua di profondità $h = 1\text{m}$ con una corda di lunghezza $l = 0.5\text{m}$. Si supponga che l'azoto dentro il palloncino sia costantemente in equilibrio termico con l'acqua.





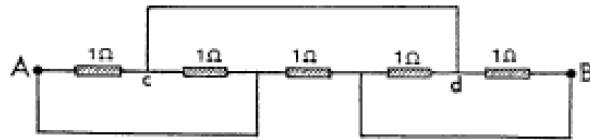
Peso molecolare azoto = 28 g/mole; pressione atmosferica $P_a = 1.01 \cdot 10^5$ Pa; densità dell'acqua $\rho_0 = 1 \text{ g/cm}^3$; $R = 8.31 \text{ J/K/mole}$.

- Cosa succederebbe al sistema corpo più palloncino se non fosse ancorato sul fondo ma appoggiato sul pelo dell'acqua a temperatura ambiente $T_0 = 20^\circ\text{C}$?
- Dove si posiziona invece il palloncino ancorato nell'acqua, sempre se l'acqua è a temperatura ambiente $T_0 = 20^\circ\text{C}$?
- Supponendo di scaldare lentamente l'acqua fino a 60°C , a quale temperatura T_1 si muove il palloncino ancorato? Si trascuri la dilatazione dell'acqua.
- Come si muove in seguito il palloncino ancorato se l'acqua si raffredda lentamente? Si faccia un grafico della posizione del palloncino al crescere e al decrescere della temperatura.



Anno accademico 2008–2009

- Una particella di massa M e velocità iniziale V urta un'altra particella di massa $m < M$ inizialmente ferma; l'urto è perfettamente elastico. Determinate il massimo angolo di deflessione per la prima particella.
- Facendo riferimento alla figura, calcolate la resistenza totale fra i punti A e B, sapendo che ciascuna resistenza in figura vale 1 ohm, e le linee continue indicano fili senza resistenza apprezzabile.



- Un impianto di aria condizionata fa del lavoro meccanico per portare calore dall'interno di una casa verso l'esterno. Si supponga che l'impianto operi lungo un ciclo reversibile di Carnot fra la temperatura interna T_2 e quella esterna $T_1 > T_2$, consumando una potenza P quando è acceso. La penetrazione di calore \dot{Q} per unità di tempo nella casa segue la legge $\dot{Q} = A(T_1 - T_2)$. Quanto vale la temperatura nella casa, con il condizionatore sempre acceso? In realtà il condizionatore funziona con un termostato che lo spegne quando la temperatura interna scende sotto i 20°C , e si osserva che, quando fuori ci sono 30°C , il condizionatore resta acceso solo il 30% del tempo. Sotto queste ipotesi quale sarà la temperatura esterna massima per cui il condizionatore riesce a mantenere 20°C all'interno?

- Si considerino quattro aste rigide identiche di lunghezza L , dimensioni trasversali trascurabili e massa m omogeneamente distribuita. Le quattro aste sono incernierate tramite giunti perfettamente flessibili, di massa e dimensioni trascurabili, una di seguito all'altra in modo da formare una catena di quattro elementi i due estremi della quale sono appesi tramite giunti analoghi ai precedenti al soffitto di una stanza alla distanza $D = (1 + \sqrt{3})L$ uno dall'altro. Si determini la minima altezza h che deve avere il soffitto affinché nella posizione di equilibrio la catena non tocchi il pavimento.
- Un blocco di massa M e velocità iniziale V_0 scivola senza attrito lungo un piano, andando ad urtare una particella di massa $m \ll M$ inizialmente ferma. La particella si mette in moto, urta contro un muro posto ad una certa distanza dal luogo dell'impatto iniziale, ritorna verso il blocco, lo urta, ritorna verso il muro, e così via. Assumendo che tutti gli urti siano perfettamente elastici, siete capaci di dimostrare che il numero di urti che ci saranno fino al momento in cui il blocco si arresta è dato da $n \approx \pi(M/m)^{1/2}/4$?
- Un aereo supersonico vola in linea retta ad un'altezza di 1 km sopra un terreno orizzontale e passa sopra una torre di controllo di altezza trascurabile. Il personale della torre sente il boom sonico dell'aereo 2.5 s dopo che l'aereo è passato sopra la loro verticale. Si calcoli la velocità dell'aereo sapendo che la velocità del suono è 340 ms^{-1} . Dopo il boom sonico nella torre si sente il suono proprio dell'aereo, modificato dall'effetto Doppler. Supponiamo l'aereo una sorgente di frequenza f_0 , si scriva una formula per la frequenza f che si sente sulla torre. Si determini in che posizione si trova l'aereo quando nella torre si sente una frequenza $f_0/2$.



Anno accademico 2009–2010

1. Una particella di massa m è posta in cima ad una emisfera di raggio R e massa M . La particella può scivolare senza attrito lungo la superficie della emisfera, e l'emisfera può scivolare senza attrito lungo il piano sul quale è posata. Assumiamo ora che la particella di massa m venga messa in moto verso destra con velocità iniziale trascurabile. Sapete determinare per quale angolo θ essa si stacca dalla emisfera? Derivate solo l'equazione che determina θ , senza provare a risolverla.
2. Due particelle puntiformi, ciascuna di massa m , sono vincolate a scorrere senza attrito su un anello circolare di raggio R e massa M posto verticalmente rispetto al terreno. Le particelle incominciano a scivolare da ferme e simultaneamente dal punto più alto dell'anello, sui lati opposti dello stesso. Determinare il minimo valore di m/M per cui l'anello può, ad un certo momento, muoversi verso l'alto nel campo gravitazionale terrestre.
3. Si nota spesso che, in condizioni di traffico intenso, le automobili in autostrada procedono con accelerazioni seguite sempre da brusche frenate. Spiegate quantitativamente come mai le frenate devono essere brusche sull'autostrada ma non sulle statali. Si assuma, per semplicità, che ogni autista veda solo la macchina immediatamente davanti a sé. Potete utilizzare i seguenti dati: velocità tipica in autostrada $v = 120$ km/h, sulla statale $v = 40$ km/h, lunghezza tipica di una macchina $L = 4$ m, tempo di reazione tipico $T = 0.4$ s.
4. Un'astronave di massa m è dotata di una vela solare di area A , cioè un apparecchio che assorbe la luminosità solare intercettata, così accelerando l'astronave. Inizialmente l'astronave si trova su un'orbita circolare identica a quella terrestre; poi dispiega la vela e raggiunge una nuova orbita, circolare e complanare a quella della Terra, ma posta a distanza $R_1 > R_E$ (ove R_E è la distanza della Terra dal Sole). È possibile scegliere A in maniera che la velocità radiale si annulli, quando l'astronave raggiunge il raggio R ? Chiamate L_{\odot} e M_{\odot} la luminosità e la massa del Sole, rispettivamente, e mantenete l'orientamento della vela (e dunque anche A) fisso.
5. Si misura il potenziale elettrostatico al di fuori di una sfera, e si trova che vale K/r dappertutto *al di fuori della sfera*, con r la distanza del punto ove viene effettuata la misura dal centro della sfera. Nulla è noto circa il potenziale *all'interno* della sfera. Sapete determinare la carica totale contenuta nella sfera? Sapete dire se la sua distribuzione deve essere a simmetria sferica?
6. Un semplice termostato è costituito da due strisce di due metalli diversi, di diverso coefficiente di espansione termica α , sovrapposte e incollate in maniera tale che, ad una certa temperatura di riferimento T_0 , le due lunghezze siano uguali. Quando però $T \neq T_0$ il termostato si incurva a causa dei diversi valori di α per i due metalli. Se il termostato è fatto di ferro ($\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$) e zinco ($\alpha = 31 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$), è lungo 100 mm e spesso 1 mm, di quanto si incurverà per ogni variazione di $T - T_0 = 1$ K? Come potreste pensare di migliorare il disegno del termostato, con un trucco geometrico?

