Esercizi in preparazione alle Olimpiadi di Fisica 2018
Liceo B.Russell Guastalla-RE
Poma Divo
25/01/2018

Miscellanea di argomenti (Meccanica, Termologia, Circuiti, Onde EM)

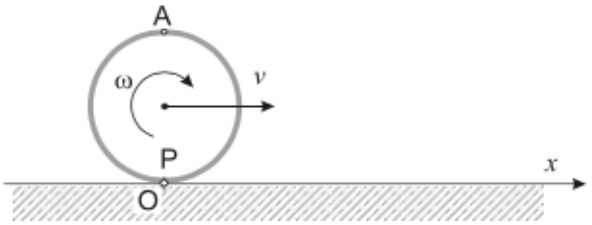
1. CILINDRO CHE SLITTA E ROTOLA (Problema 1, Gara Nazionale 2017)

P1 Cilindro che slitta e rotola — Punti 100

Un cilindro cavo di spessore trascurabile, massa m e raggio R, trasla mentre ruota su un piano orizzontale. Si vuole studiare il comportamento di questo sistema fisico in condizioni diverse da quella di puro rotolamento.

L'asse x di traslazione è orientato verso destra e il verso orario mostrato in figura per la velocità angolare si assume positivo; l'origine O sull'asse di traslazione coincide con il punto P di contatto tra il cilindro e il piano all'istante $t = 0$.

In questo istante, la velocità di traslazione del centro di massa (CdM) è $v_0 > 0$ mentre la velocità angolare è $\omega_0 < 0$; in altre parole, inizialmente il cilindro sta strisciando mentre si muove verso destra lungo il piano e contemporaneamente ruota attorno al suo asse in senso antiorario, cioè in verso opposto a quello indicato in figura.



Inizialmente si supponga trascurabile ogni forma di attrito, in particolare l'attrito dinamico nel punto P di contatto fra il cilindro e il piano.

1. A che distanza dalla posizione iniziale si troverà il punto A del cilindro, dopo un giro di quest'ultimo?

Si consideri adesso che l'attrito dinamico, di coefficiente μ, nel punto P di contatto tra il cilindro e il piano non sia trascurabile, mentre lo siano sempre altre forme di attrito (volvente, viscoso).

2. Si scriva l'espressione della velocità V_P del punto P (punto della superficie del cilindro che in ciascun istante si trova a contatto con il piano) in termini della velocità v del CdM del cilindro e della velocità angolare ω. Si determini il modulo e il verso della forza d'attrito dinamico, spiegando quale condizione deve essere soddisfatta perché questa si annulli.

3. Si scrivano le funzioni $v(t)$ e $u(t) = R\omega(t)$ come espressioni esplicite del tempo t e si determini l'istante t_1 dopo il quale tali espressioni non sono più valide; si calcolino i valori delle due funzioni per $t = t_1$. Se ne traccino i grafici in uno stesso piano velocità-tempo, nell'intervallo di tempo $0 < t < t_1$, facendo in modo che siano rispettate le condizioni date sopra per i valori iniziali: $v_0 > 0$ e $\omega_0 < 0$.

4. Completare i grafici di $v(t)$ e $u(t)$ per $t > t_1$, con le stesse condizioni iniziali scelte sopra, giustificando il disegno fatto.

5. Determinare, in funzione di v_0, il valore particolare $\overline{\omega_0}$ della velocità angolare iniziale ω_0 per il quale ad un certo istante il cilindro si arresta definitivamente. Si determini tale istante t_0 e la posizione in cui il cilindro si arresta.

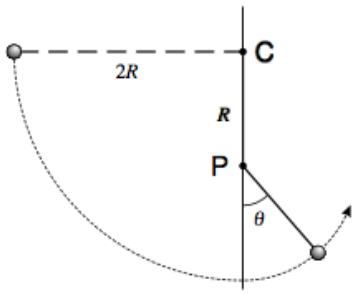
6. Mostrare che una scelta diversa di ω_0 avrebbe portato ad un'evoluzione diversa del moto del cilindro. Descrivere cosa cambia nei due casi $\omega_0 > \overline{\omega_0}$ e $\omega_0 < \overline{\omega_0}$.

7. Nel caso $\omega_0 = 2\overline{\omega_0}$ calcolare, in termini di m e v_0, il lavoro fatto dalla forza d'attrito tra l'istante iniziale e il tempo $t = 2t_1$, utilizzando il bilancio energetico.

2. PENDOLO CON UN FERMO (Problema 3, Gara Nazionale 2001)

PROBLEMA n. 3 — Pendolo con un fermo 100 Punti

Una pallina di massa M è legata a un piolo C rigido con un filo flessibile e inestensibile di lunghezza $2R$. Al di sotto di C e sulla verticale di esso, a distanza R, si trova un secondo piolo P, parallelo al primo.



Inizialmente la pallina si trova alla stessa altezza di C e il filo è teso (linea orizzontale tratteggiata); essa viene lasciata cadere e quindi si muove su un arco di circonferenza di raggio $2R$. Quando il filo è verticale, cioè la pallina si trova esattamente al di sotto di C, il filo stesso urta contro il piolo P e il moto della pallina continua su un arco di circonferenza di raggio R. Da questo punto in poi, si indichi con θ l'angolo fra il filo oltre P e la verticale.

Si considerino trascurabili i diametri dei due pioli e della pallina, la massa del filo, eventuali attriti interni al filo e la resistenza dell'aria.

1. Per quale valore di θ la tensione T del filo è pari a $\frac{7}{2} M g$?
2. La pallina, risalendo, non giunge a colpire il piolo C. Si spieghi perché.
3. Si calcoli il valore di θ per cui la pallina abbandona la traiettoria circolare di raggio R e il filo cessa di essere teso.
4. Quando la pallina incrocia il piano verticale CP, a quale distanza da C si trova? (la si esprima in funzione di R).
5. Nell'istante di cui al punto 4, qual è (in modulo) la velocità della pallina?

---

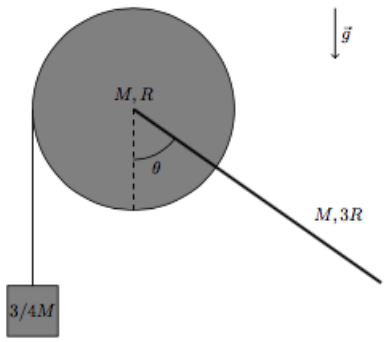
3. SISTEMA MECCANICO COMPOSTO

Il sistema meccanico rappresentato in figura è composto da un disco di massa M e raggio R a cui è rigidamente saldata un'asta di massa M e lunghezza $3R$. Il disco può ruotare senza attrito rispetto ad un asse orizzontale passante per il suo centro. Sul bordo esterno del disco è avvolta una fune ideale di massa trascurabile alla cui estremità libera è agganciato un punto materiale di massa $3/4M$. Ad un certo istante la fune viene tagliata, determinare:

a) l'angolo θ per cui il sistema è in equilibrio;

b) il valore dell'accelerazione angolare α all'istante in cui la fune viene tagliata;

c) la velocità dell'estremo libero dell'asta quando questa transita per la verticale.



Esercizio 3 : Resistenza dipendente dalla temperatura *(16 punti)*

In molte applicazioni, la dipendenza della resistenza dalla temperatura può essere approssimata dalla funzione affine $R(T)$. Per una resistenza di valore R_0 alla temperatura T_0, l'espressione della funzione assume la forma :

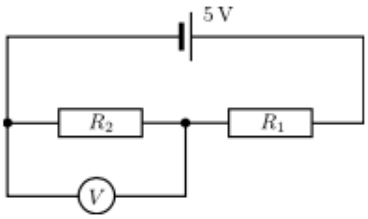
$$R(T) = R_0\,[1 + \alpha(T - T_0)]$$

dove α è il coefficiente termico della resistenza che dipende la materiale. Noi considereremo nell'intero problema T_0 alla temperatura ambiente, cioè 25 °C.

I seguenti valori possono essere utilizzati in aggiunta alle costanti della tabella per la risoluzione del problema :

- Coefficiente termico della resistenza del tungsteno :
  $\alpha = 4.5 \times 10^{-3}\,\mathrm{K}^{-1}$
- Conducibilità termica del rame :
  $\lambda = 380\,\mathrm{W{\cdot}m^{-1}{\cdot}K^{-1}}$
- Zero assoluto :
  $T_{\mathrm{abs}} = -273.15\,^{\circ}\mathrm{C} = 0\,\mathrm{K}$

Parte A. Sonda di temperatura (10 punti)



i. (2 pt) Lo schema mostra un circuito utilizzato come sonda di temperatura. A temperatura ambiente il voltmetro indica una tensione $U(T_0) = 2.5\,\mathrm{V}$. Quanto vale il rapporto R_1/R_2 ?

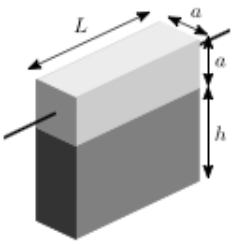
ii. (2 pt) Le due resistenze R_1 e R_2 hanno i coefficienti termici della resistenza α_1 e α_2. Calcolare la tensione $U(T)$ ai capi di R_2 in funzione della temperatura.

iii. (2 pt) Il voltmetro indica una tensione di $2.62\,\mathrm{V}$. Qual è la temperatura del circuito se $\alpha_1 = 2 \times 10^{-3}\,\mathrm{K}^{-1}$ e $\alpha_2 = 4 \times 10^{-3}\,\mathrm{K}^{-1}$?

iv. (2 pt) La precisione di misura del voltmetro è $\pm 0.05\,\mathrm{V}$. Questo significa che il valore reale della tensione è probabilmente tra $2.57\,\mathrm{V}$ et $2.67\,\mathrm{V}$. Qual è la precisione della sonda di temperatura ?

v. (2 pt) La precisione di misura della sonda è maggiore o minore per temperature più alte ? Rispondere con l'aiuto di un grafico della funzione $U(T)$. *Uno schizzo qualitativo è sufficiente. Considerare soprattutto il comportamento di $U(T)$ per alte temperature.*

Parte B. Dissipatore termico (6 punti)



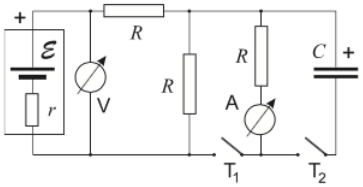
Una resistenza di lunghezza $L = 2\,\mathrm{cm}$ e sezione quadrata di lato $a = 0.5\,\mathrm{cm}$ è posta su un dissipatore termico di rame di altezza $h = 5\,\mathrm{cm}$ (voir schéma). (vedi schema). Il valore della resistenza a temperatura ambiente è $R_0 = 100\,\Omega$ e il coefficiente termico della resistenza è quello del tungsteno.

i. (2 pt) Si applica una tensione elettrica alla resistenza. Si osserva allora che la temperatura della resistenza aumenta fino a un nuovo valore T'. Descrivete in un breve testo perché questo accade precisando il ruolo del dissipatore termico in questo fenomeno. Potete considerare che la superficie inferiore del dissipatore termico resta a temperatura costante T_0.

ii. (4 pt) Calcolare T' quando si applica ai capi della resistenza una tensione $U = 24\,\mathrm{V}$. Si trascurino le perdite di calore dovute alle superfici della resistenza che non sono a contatto con il dissipatore termico.

5. MISURE ELETTRICHE (Problema 4, gara di 2° livello 2010)

Problema 4 Misure elettriche. [20 punti]



Nel circuito di figura le tre resistenze sono uguali ($R = 10\,\Omega$) e gli strumenti si possono trattare come ideali(*). L'alimentatore è un generatore di f.e.m. reale avente forza elettromotrice $\mathcal{E}$ e resistenza interna r incognite.

Inizialmente entrambi gli interruttori sono aperti e il voltmetro misura $V = 48\,\mathrm{V}$; dopo aver chiuso l'interruttore T_1 l'amperometro misura $I = 1.5\,\mathrm{A}$.

1. Determinare il valore della f.e.m. e della resistenza interna del generatore.

2. Di quando aumenta improvvisamente la corrente erogata dal generatore nell'istante in cui si chiude l'interruttore T_1 ?

Il condensatore, che finora è rimasto isolato, è carico essendo stato precedentemente collegato con il medesimo generatore: in particolare l'armatura superiore in figura è carica positivamente.

3. Quanto indica l'amperometro appena chiuso anche l'interruttore T_2 ?

(*) *Significa che la corrente nel voltmetro e la d.d.p. ai capi dell'amperometro possono essere considerate trascurabili.*

6. ONDE ELETTROMAGNETICHE POLARIZZATE

Un'onda elettromagnetica piana di frequenza $\nu = 7,5 \cdot 10^{14} Hz$ si propaga lungo l'asse x. Essa é polarizzata linearmente con il campo elettrico E che forma l'angolo $\theta = 30°$ con il piano x,y ed ha ampiezza $E_0 = 103 V/m$. Scrivere l'equazione di quest'onda e calcolare l'ampiezza del campo di induzione magnetica.