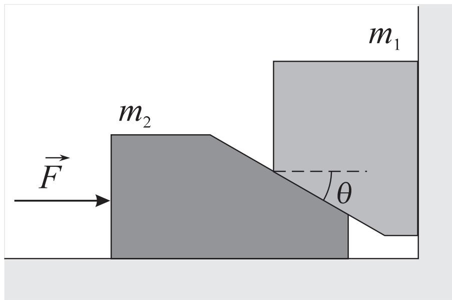
PROBLEMA n. 1 – Equilibrismi...

100 Punti



Il blocco di massa m_2 in figura appoggia su un piano orizzontale ed è in contatto con un blocco di massa m_1, posto contro un piano verticale e non in contatto col piano orizzontale. Il contatto fra i due blocchi avviene lungo un piano ortogonale al piano di figura e che forma col piano orizzontale un angolo θ. Al blocco di massa m_2 viene applicata una forza $\vec{F}$ orizzontale, rivolta come in figura.

1. Supponendo che non vi sia attrito, si faccia un diagramma di tutte le forze agenti su ciascuno dei due blocchi.

2. Qual è l'intensità della forza $\vec{F}$ occorrente perché il sistema rimanga in equilibrio?

3. Se ad un certo istante ($t = 0$) l'intensità della forza $\vec{F}$ viene raddoppiata rispetto al valore calcolato al punto 2, qual è l'accelerazione con cui il blocco di massa m_1 si muove verso l'alto?

4. Qual è, in funzione del tempo, la potenza meccanica che occorre applicare al blocco di massa m_2 perché il valore di F calcolato al punto 3 si mantenga costante nel tempo?

5. Se c'è invece attrito sul piano orizzontale e quello verticale (con lo stesso coefficiente di attrito statico μ), restando priva di attrito la superficie obliqua, qual è il valore minimo di F per avere equilibrio?

Per i calcoli numerici si usino i seguenti valori:

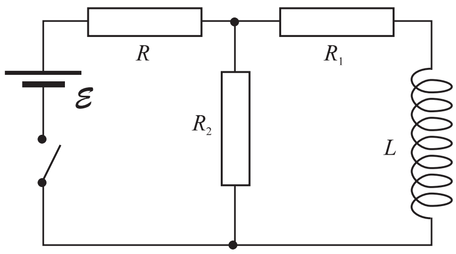
$g = 9.81\,\mathrm{m\,s^{-2}}$, $m_1 = 5\,\mathrm{kg}$, $m_2 = 3\,\mathrm{kg}$, $\theta = 30°$, $\mu = 0.2$.

———————————————

PROBLEMA n. 2 – Occhio alle induttanze!

50 Punti

Nel circuito in figura sono noti solo i valori delle resistenze $R = 2.5\,\mathrm{k}\,\Omega$ e $R_2 = 2R$, mentre R_1, la f.e.m $\mathcal{E}$ e l'induttanza L sono incognite. Finché l'interruttore è aperto la corrente nel circuito è nulla ovunque.



Alla chiusura dell'interruttore la corrente istantanea erogata dal generatore è $I_0 = 5\,\mathrm{mA}$, mentre a regime la stessa corrente è aumentata a $I_1 = 9\,\mathrm{mA}$.

1. Determinare i valori incogniti che possono essere ricavati da queste due misure.

Dopo aver riaperto l'interruttore, si misura l'energia $U = 0.040\,\mu\mathrm{J}$, dissipata dalla resistenza R_1.

2. Utilizzare questo dato per ricavare l'ultimo elemento incognito del circuito.

3. È possibile che, al momento della riapertura dell'interruttore, ai capi dell'induttanza si possa avere una d.d.p. maggiore della f.e.m. del generatore inserito nel circuito? Motivare adeguatamente la risposta.

PROBLEMA n. 3 – Che caldo quest'estate!

100 Punti

In questo problema si vuole discutere del raffreddamento di un appartamento per mezzo di un condizionatore d'aria, solo allo scopo di farsi un'idea dei fenomeni e di stimare le grandezze in gioco.

Per fare questo in modo semplice occorre introdurre schematizzazioni ed approssimazioni piuttosto drastiche: considereremo che tutto l'appartamento sia, in ogni istante, alla stessa temperatura, che lo scambio di calore avvenga solamente per conduzione e che, per valutare i processi di scambio termico tra l'appartamento e l'ambiente esterno, si possano usare solo delle stime di capacità termica del sistema e di conduttanza delle pareti.

In una giornata estiva, un appartamento è raffreddato mediante un condizionatore d'aria che tratteremo come una macchina termica fatta funzionare a rovescio (frigorifero). Il condizionatore trasferisce una quantità di calore pari ad una frazione α della quantità di calore trasferita da una macchina di Carnot che funziona a rovescio fra le stesse temperature.

1. Facendo riferimento alle grandezze i cui valori sono riportati sotto, determinare un'espressione per il flusso termico in ingresso Φ_{in} e per quello in uscita Φ_{out} dall'appartamento in funzione di K, C, T_e, P, α e della temperatura istantanea T dell'appartamento.

2. Se si lascia acceso ininterrottamente il condizionatore fino a raggiungere uno stato di regime stazionario, quale sarà la temperatura dell'appartamento?

A un certo istante (sia $t = 0$), quando la temperatura interna dell'appartamento è $T_0 = 18°\text{C}$, il condizionatore viene spento e l'appartamento inizia a riscaldarsi. Ci si chiede quale sarà la sua temperatura dopo un'ora.

Un modo approssimato di procedere è quello di usare l'espressione – trovata prima – del flusso termico verso l'esterno per calcolare i successivi incrementi di temperatura $\Delta T = T(t + \Delta t) - T(t)$, a partire da $T(0) = T_0$, assumendo incrementi finiti e costanti di tempo $\Delta t = 15\,\text{min}$ ciascuno.

3. Calcolare la temperatura dell'appartamento dopo che è trascorsa un'ora.

4. Mostrare in generale che, se gli incrementi temporali Δt sono costanti (posto quindi $t_k = k\,\Delta t$), la successione delle differenze $F_k = T_\text{e} - T(t_k)$ è una progressione geometrica.

Il calcolo della temperatura dell'appartamento è più corretto se si divide l'intervallo di tempo totale $[0, t]$ (per esempio un'ora) in n intervalli di tempo ($[0, t_1], [t_1, t_2], \ldots, [t_{n-1}, t]$) di uguale ampiezza ($\Delta t = t/n$), facendo poi tendere n all'infinito.

5. Trovare in questo modo la funzione $F(t) = T_\text{e} - T(t)$.

6. Calcolare la costante di tempo del processo e la temperatura dell'appartamento dopo un'ora.

Dati per la risoluzione del problema:

Conduttanza termica complessiva delle pareti dell'appartamento	$K = 700\,\text{W}\,\text{K}^{-1}$
Capacità termica complessiva dell'appartamento	$C = 2600\,\text{kJ}\,\text{K}^{-1}$
Temperatura esterna	$T_\text{e} = 32°\text{C}$
Potenza elettrica utilizzata dal condizionatore	$P = 900\,\text{W}$
Efficienza del condizionatore reale, rispetto a quella del frigorifero ideale fra le stesse temperature	$\alpha = 65\,\%$

PROBLEMA n. 4 – Una misura al volo.

50 Punti

In fisica nucleare si usano ancora oggi rivelatori chiamati *camere a ionizzazione*, atti a rivelare il passaggio di particelle cariche energetiche mediante la ionizzazione che queste producono nel gas contenuto nel rivelatore.

Essenzialmente una camera a ionizzazione è costituita da un condensatore ad armature piane e parallele, tra cui viene stabilita una differenza di potenziale $V_c = V_0$, riempito con un gas opportuno. Una particella carica energetica che attraversa la camera ionizza le molecole del gas, producendo coppie di elettroni e ioni positivi che, a causa della presenza del campo elettrico, cominciano a migrare verso le opposte armature (senza produrre ulteriore ionizzazione).

A causa dei continui urti contro le molecole del gas, la velocità di elettroni e ioni può essere considerata – in media – costante e prende il nome di *velocità di deriva*. Si tenga presente però che, per via delle masse molto diverse, la velocità di deriva degli elettroni, v_e, è molto maggiore di quella degli ioni, v_i. A causa delle cariche "prodotte" dal passaggio della particella ionizzante, la tensione tra le armature, V_c, si abbassa. Il segnale che il rivelatore raccoglie è la tensione V, variabile nel tempo, definita come:

$$V(t) = V_0 - V_c(t)$$

Per gli scopi del presente esercizio, possiamo considerare la camera a ionizzazione come un condensatore isolato (anche se nella realtà, ovviamente, sarà collegato ad un circuito che si occupa appunto di prelevare il segnale, di registrarlo e di ripristinare la tensione iniziale V_0).

Si supponga che il rivelatore, all'istante $t = 0$, venga attraversato da una particella ionizzante che si muove parallelamente alle armature, ad una distanza x da quella positiva. Il tempo di attraversamento del rivelatore da parte della particella è molto più piccolo degli altri tempi in gioco e può essere trascurato.

1. Si esprima il lavoro fatto dalla forza elettrica su un elettrone (o su uno ione) in funzione del tempo.

2. Si esprima il potenziale $V(t)$ in funzione del numero N di coppie elettroni–ioni prodotte, della distanza d tra le armature, della capacità C del condensatore e delle velocità di deriva degli elettroni e degli ioni (oltre che della carica elementare, e).

Suggerimento: si sfruttino considerazioni energetiche. Si tenga presente che il segnale è molto minore di V_0, e questo consente di fare alcune approssimazioni.

3. Poiché le velocità di deriva sono molto diverse, quasi sempre gli elettroni arrivano all'anodo prima che gli ioni arrivino al catodo; supponiamo quindi che ciò avvenga anche in questo caso. Si chiami t_e l'istante in cui arrivano gli elettroni e t_i quello successivo in cui arrivano gli ioni. Si trovi l'andamento del segnale, $V(t)$, tra t_e e t_i in funzione di N, d, C, v_i ed x.

4. Si trovi il valore di V dopo t_i.

Nota: a questo risultato si può arrivare anche senza risolvere i punti precedenti.

5. Si tracci un grafico qualitativo dell'andamento di $V(t)$.

———————————

Materiale prodotto dal gruppo

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: olifis@libero.it