

PROBLEMA n. 1 — Tre in uno!

100 Punti

A

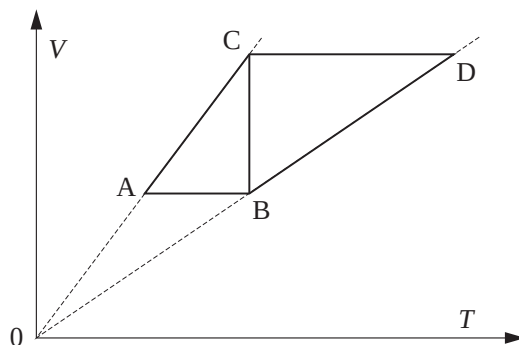
Un fascio di luce monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda = 0.55 \mu\text{m}$ incide su una doppia fenditura in cui la distanza tra le fenditure è $a = 2.8 \text{ mm}$. La figura con le frange d'interferenza viene osservata su uno schermo posto a 3 m dalla fenditura.

Su una delle due fenditure viene applicata una sottile lamina di vetro di spessore $d = 0.05 \text{ mm}$. La figura delle frange d'interferenza subisce uno spostamento misurato pari a $\Delta x = (28.9 \pm 0.1) \text{ mm}$ (si considerino trascurabili gli errori su tutti gli altri dati).

- Che indice di rifrazione ha la lamina di vetro e con quale precisione viene misurato?

B

Nel grafico in figura sono rappresentati due processi termodinamici ciclici: ABCA e BDCB.



- Dire da quale dei due processi si ottiene il lavoro maggiore, motivando chiaramente la risposta; determinare quindi il rendimento di una macchina di Carnot che lavori tra le stesse temperature estreme, nel caso in cui siano noti V_A , p_B , $V_C = V_A/k$, e il numero di moli n .

C

Il flusso del campo magnetico concatenato a due circuiti dipende linearmente dalle correnti nei due circuiti in questo modo:

$$\Phi_1 = L_1 i_1 + M_{12} i_2$$

$$\Phi_2 = L_2 i_2 + M_{21} i_1$$

Si dimostra che i due coefficienti di *mutua induzione*, M_{12} ed M_{21} , sono sempre uguali.

- Verificare questa relazione nel caso di due solenoidi nel vuoto aventi le caratteristiche seguenti

Solenoido 1: Sezione S_1 , lunghezza ℓ_1 , numero di spire per unità di lunghezza n_1 ;

Solenoido 2: Sezione S_2 , lunghezza ℓ_2 , numero di spire per unità di lunghezza n_2 .

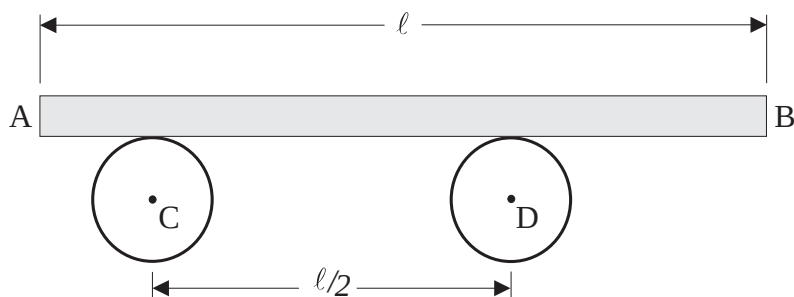
con $S_1 > S_2$, $\ell_1 = \ell_2$, nell'ipotesi che il secondo sia inserito nel primo per un tratto d con il proprio asse parallelo a quello dell'altro solenoide.

Nota: Per ogni solenoide la lunghezza sia molto maggiore del diametro, di modo che gli effetti di bordo si possano comunque trascurare.

PROBLEMA n. 2 — Sbarra su due rulli

100 Punti

Una sbarra omogenea AB, di massa m e lunghezza ℓ , è appoggiata su due rulli uguali, come in figura.



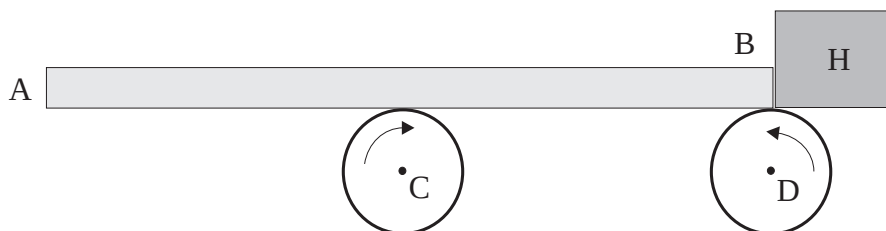
I due rulli hanno raggio r e i loro centri, C e D, sono a distanza $\ell/2$. Il contatto tra i rulli e la sbarra presenta un coefficiente di attrito dinamico μ .

Inizialmente i due rulli sono fermi e il centro della sbarra dista $\ell/5$ dall'asse di simmetria del segmento CD, dalla parte di D.

1. In queste condizioni determinare le forze esercitate dai rulli sulla sbarra.

I due rulli vengono collegati opportunamente a un solo motore e fatti ruotare con velocità angolari uguali e costanti: il rullo con centro C in senso orario e l'altro in senso antiorario.

La sbarra viene appoggiata sui due rulli rotanti, in modo che l'estremità B sia appena a destra della verticale per D; viene mantenuta ferma come indicato in figura 2 da un blocco H che successivamente viene tolto.



2. Calcolare la forza esercitata dalla sbarra sul blocco prima che venga rimosso.
3. Mostrare che il moto della sbarra – dopo che il blocco è stato rimosso – è oscillatorio e calcolarne il periodo nell'ipotesi che la sbarra strisci sempre sui rulli.
4. Trovare la minima velocità angolare che devono avere i rulli per fare in modo che la sbarra strisci su questi in ogni fase del suo moto.
5. Determinare la potenza che il motore deve sviluppare durante il moto della sbarra, nelle ipotesi poste sopra.

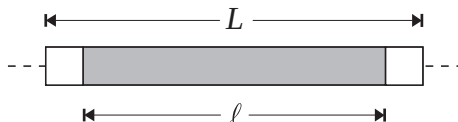
————— ■ —————

PROBLEMA n. 3 — Cilindro in un tubo

100 Punti

Un tubo, di lunghezza $L = 50.00$ cm e sezione $A = 80$ cm², è chiuso ad entrambe le estremità e al suo interno, per un tratto centrale di lunghezza $\ell = 40.00$ cm, contiene un cilindro di densità $\delta = 1.60 \times 10^3$ kg m⁻³, termicamente isolante. Le due rimanenti parti estreme sono riempite con la stessa quantità d'azoto, come mostrato in figura. L'azoto può essere considerato un gas perfetto biatomico.

Il cilindro può scorrere lungo il tubo con attrito trascurabile, pur garantendo la tenuta del gas in ognuna delle due parti estreme.



Se il tubo viene posto verticalmente, ad equilibrio raggiunto, il cilindro è spostato verso il basso di un tratto $\Delta\ell = 25.0$ mm.

1. Determinare la pressione dell'azoto contenuto nel tubo quando è posto orizzontalmente.

Il tubo, mantenuto in posizione orizzontale, viene spostato molto rapidamente di un tratto orizzontale $s = 25.0$ mm lungo il proprio asse longitudinale; il tubo scorre quindi rispetto al cilindro che, per inerzia, non si sposta apprezzabilmente.

2. Determinare il lavoro fatto dall'esterno sul tubo.

3. Determinare l'accelerazione iniziale del cilindro, subito dopo lo spostamento del tubo.

4. Determinare la velocità massima raggiunta successivamente dal cilindro, nell'ipotesi che non vi siano scambi apprezzabili di calore attraverso il tubo.

————— ■ —————

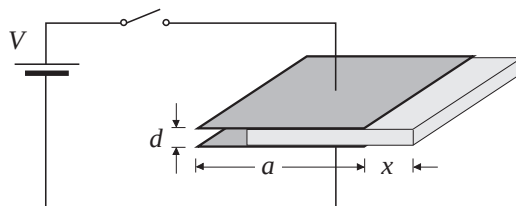
PROBLEMA n. 4 — Condensatore con lamina dielettrica

100 Punti

Un condensatore piano è costituito da due armature quadrate di lato a alla distanza d . Una lastrina di materiale dielettrico di costante relativa ε_r , quando è inserita completamente nel condensatore, riempie il volume compreso tra le armature. La densità del materiale dielettrico è δ .

Si consideri adesso la situazione in cui la lastrina dielettrica è stata fatta scorrere parallelamente ad un lato delle armature, per un tratto di lunghezza x , come in figura.

NOTA: Si trascurino in ogni caso gli *effetti di bordo*.



1. Mostrare che la capacità del condensatore, in funzione di x , si esprime come $C(x) = C_0 (1 - \alpha x)$; determinare le espressioni delle costanti C_0 e α , in termini dei dati e di costanti note.

Il condensatore viene collegato ad un generatore (ideale) di tensione costante V , mediante un filo di resistenza trascurabile, con il dielettrico fissato in modo da sporgere di un tratto x_0 .

2. Determinare l'energia erogata in questo modo (modo A) dal generatore per caricare il condensatore.

Si supponga invece di procedere in un altro modo (modo B): si carica il condensatore con il dielettrico completamente inserito e successivamente, sempre con il generatore connesso, si estrae lentamente la lastrina fino alla posizione finale $x = x_0$. Il sistema si trova quindi nello stesso stato finale.

3. Per un piccolo spostamento del dielettrico tra x e $x + \Delta x$ si determini la variazione di carica sul condensatore, l'energia erogata dal generatore e la potenza della forza esterna necessaria per spostare la lastrina, in funzione della velocità di estrazione, supposta in ogni caso molto piccola.
4. Quale condizione occorre imporre alla velocità di estrazione perché si possa dire che la resistenza R del filo, per quanto piccola, è trascurabile?
5. Si verifica facilmente che l'energia erogata complessivamente dal generatore nei due modi è uguale; come si spiega allora che per raggiungere lo stesso stato finale si sia dovuto fornire, nel modo B, anche dell'energia meccanica?
6. Mostrare che lasciando libera la piastrina dielettrica in posizione $x = a/2$, se l'effetto Joule è trascurabile, il moto di questa è periodico e determinarne il periodo.

————— ■ —————