

## Secondo Esonero - a.a. 2017-2018

## COMPITO A

**Quesiti** (peso di ogni quesito: 3)

### Q11.1.A

La carica  $Q_1=1nC$  si trova nel punto P1 di coordinate cartesiane  $(0.,0.,0.)$  e la carica  $Q_2=1nC$  in P2  $(1.,0.,1.)$ . Si calcoli la forza (modulo, direzione [angolo formato con gli assi x,y e z] e verso, oppure componenti x, y e z) su una carica di test  $q_0=-1C$  collocata a metà del segmento che congiunge le due cariche. *Si intendano le coordinate espresse in metri; si faccia uno schema.*

*Le forze prodotte da Q1 e da Q2 sono entrambe attrattive, della stessa intensità e di direzione opposta (F1 e F2 giacciono sul piano x-z e sono due vettori uguali e opposti). La forza risultante su Q0 nulla*

### Q12.1.A

La carica  $Q_1=1nC$  si trova nel punto P1 di coordinate cartesiane  $(0.,0.,0.)$  e la carica  $Q_2=1nC$  in P2  $(1.,0.,1.)$ . Si calcoli il campo elettrico (modulo, direzione [angolo formato con gli assi x,y e z] e verso, oppure componenti x, y e z) nel punto P0 di coordinate  $(1.,0.,0.)$ . *Si intendano le coordinate espresse in metri; si faccia uno schema. P1,2,0 sono punti del piano x-z. Il campo elettrico in P0 avrà componente y nulla. Il campo E prodotto da Q1(Q2) in P0 ha un modulo E ed è diretto come x(-z) versore.  $\vec{E} = 9V/m(\hat{x} - \hat{z})$*

### Q16.1.A

Descrivere qualitativamente il moto di un anti-protoni che entra in una regione dello spazio in cui esiste un campo magnetico uniforme  $\vec{B} = B_0\hat{x}$  con  $B_0>0$  e con velocità iniziale  $\vec{v}(t=0) = -v_0\hat{y}$  a partire dal punto P0 di coordinate  $(0,0,0)$ . Che tipo di traiettoria? È contenuta in un piano? Quale piano? Se al tempo  $t=m/(8|e|B_0)$  la particella si trova nel punto P1 di coordinate  $(x,y,z)$  quali di queste affermazioni sono vere: [si trascuri la forza peso]

- a1)  $x=0$    b1)  $x>0$    c1)  $x<0$     $t=m/(8|e|B_0)$  è 1/8 del periodo di un moto circolare  
 a2)  $y=0$    b2)  $y>0$    c2)  $y<0$    uniforme nel piano  $x=0$  (y-z); la traiettoria è  
 a3)  $z=0$    b3)  $z>0$    c3)  $z<0$    percorsa in senso antiorario attorno ad un asse parallelo all'asse x

### Q17.1.A

Si strofina con della lana l'estremità A di un bastoncino di plastica (isolante). Cosa accade se successivamente l'estremità B è avvicinata a corpuscoli molto leggeri ed elettricamente neutri? Spiegare. *Si trasferiscono al bastone di materiale isolante cariche che rimangono fisse nelle loro posizioni cioè in A (contatto con lana); l'estremità B della bacchetta non attrae, ne' respinge perché rimane neutra, il suo stato di carica non è alterato dallo strofinio.*

### Q18.1.A

Un raggio di luce si propaga in acqua ( $n=1.33$ ) e incide con un angolo di  $30^\circ$  su una superficie piana di vetro ( $n=1.5$ ). Chiamato  $z=0$  il piano di interfaccia tra i due mezzi, supponendo che la luce provenga da  $z>0$  e chiamato x-z il piano che contiene la direzione del raggio incidente, si dica qual è la direzione (angolo rispetto agli assi x,y,z) del raggio riflesso e del raggio rifratto. Si faccia un disegno. Se  $d_1$ ,  $d_2$  e  $d_3$  sono distanze percorse rispettivamente dal raggio incidente, dal raggio rifratto e dal raggio riflesso in 1 s, se  $d_2 = \beta d_1$  e  $d_3 = \delta d_1$  dire quanto valgono  $\beta$  e  $\delta$ .

*Il raggio riflesso(rifratto) è contenuto nel piano x-z, forma un angolo di  $30^\circ$  ( $26.3^\circ$ ) con l'asse z.  $\beta=0.887$ ,  $\gamma=1$ .*

### Q20.1.A

Che ruolo svolge un termostato a contatto con un sistema termodinamico che sta evolvendo dallo stato caratterizzato da  $(P,V,T)_A$  a  $(P,V,T)_B$ ? *Ad ogni istante di tempo  $T=T_A$ , Quindi  $T_B = T_A$*

### Q22.1.A

Considerata una mole di  $O_2$  che si trova alla temperatura di  $20^\circ C$  e occupa il volume V, stabilire se alla fine di una trasformazione che raddoppia il volume, la pressione è maggiore nel caso che la trasformazione sia avvenuta a temperatura costante (1), a pressione costante (2) o in maniera adiabatica (3). (2):  $P_2 = P_{iniziale} = RT/V$ ; (1):  $P_1 = RT/(2V) = P_2/2$ ; (3):  $P_3 = P_{iniziale} \times (1/2)^{(7/5)} < P_1$ .

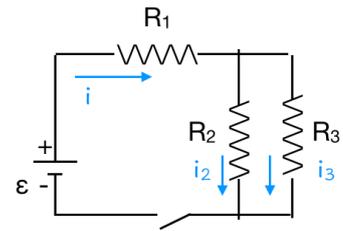
### Q23.1.A

Una stessa quantità di calore è fornita a una mole di un gas perfetto biatomico contenuto in un recipiente rigido di volume V che si trova alla temperatura iniziale T e a una mole di gas perfetto poliatomico contenuto in un recipiente rigido di volume  $V' = (1/2)V$  che si trova alla temperatura iniziale  $T'=T$ . In che rapporto sono le variazioni di temperatura  $\Delta T = T_f - T$  e  $\Delta T' = T'_f - T'$  che i due sistemi subiscono nella trasformazione?  $\Delta T/\Delta T' = 6/5$ . Perché  $C_v(\text{biatomico}) = 5R/2$ ,  $C_v(\text{poliatomico}) = 3R$ , e ciascuna delle trasformazioni avviene a volume costante ossia  $Q = n C_v \Delta T$ . Il volume di partenza diverso non ha impatto.

**Problemi** (peso di ogni problema: 5)

**P11.1.A**

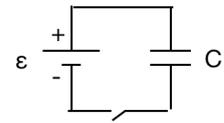
Nel circuito in figura, l'interruttore è chiuso nell'istante di tempo  $t_0=0$  e poi riaperto al tempo  $t=10s$ . Calcolare la corrente che scorre nella resistenza  $R_2$  nell'intervallo di tempo in cui il circuito è chiuso, la potenza istantanea erogata dal generatore di f.e.m. e l'energia complessiva dissipata sulla resistenza  $R_3$ . In che verso scorre la corrente di elettroni di conduzione nella resistenza  $R_1$ ?  
 Si assuma:  $\epsilon = 2V$ ,  $R_1=200\Omega$ ,  $R_2=1k\Omega$ ,  $R_3=5k\Omega$ .



a interruttore aperto non c'è corrente in nessun ramo; tra 0 e 10s  
 $i = \epsilon / (R_1 + R_2 R_3 / (R_2 + R_3)) = 2 / 1033 = 1.9mA$ ;  $V_2$  ai capi di  $R_2$  è  $\epsilon - i R_1 = 1.61V$ ;  $i_2 = V_2 / R_2 = 1.6mA$ ;  $i_3 = i - i_2 = 0.3mA$ ;  $E_{R_3} = 10s \times 5000 \times i_3^2 = 4.5mJ$ ; verso opposto rispetto a  $i$  (corrente positiva)

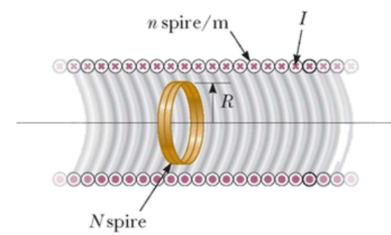
**P12.1.A**

Nell'istante di tempo  $t_0=0$  una pila è collegata a un condensatore costituito da due conduttori piani e paralleli (armature del condensatore), ciascuno di area  $A$ , separati da una distanza  $d$  e inizialmente privi di carica elettrostatica. Il generatore di f.e.m. farà scorrere una corrente  $i$  attraverso il filo conduttore che determinerà un accumulo di carica uguale e opposta sulle due armature del condensatore (sistema di due conduttori a induzione completa). Dopo un tempo molto breve la corrente cesserà di scorrere perché il campo elettrico nel filo conduttore dovuto alle cariche accumulate sulle armature equilibrerà la forza sui portatori di carica dovuta alla f.e.m. della pila. Quale sarà la differenza di potenziale tra le due armature in questa condizione di equilibrio?  $\epsilon$  Quale armatura sarà a potenziale più alto dell'altra? **Quella in alto** Quanto varrà la carica sull'armatura in basso?  $-\epsilon C = -8.8nC$  Quanto varrà la densità superficiale di carica sull'armatura in basso?  $-\epsilon C / A = -88nC/m^2$  Quale sarà l'energia immagazzinata all'interno del condensatore?  $\epsilon^2 C / 2 = 44nJ$  Si assuma  $A=1000\text{ cm}^2$   $d=1\text{mm}$ ,  $\epsilon=10\text{ V}$ . (Suggerimento: si calcoli la capacità del condensatore. Altrimenti si assuma  $C=1\text{pF}$ )  $C = \epsilon_0 A / d = 8.85E-12 \times 0.1 / 0.001 = 0.88nF$



**P13.1.A**

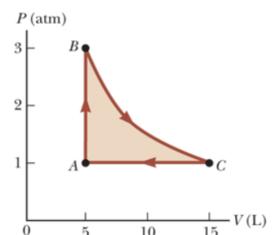
Si consideri un solenoide, di raggio  $R_0$ , lunghezza  $L \gg R$  e densità di spire per unità di lunghezza  $n=10^4/m$ , il cui avvolgimento sia collegato, tramite una resistenza di  $10\Omega$  a un generatore di f.e.m. che produce una differenza di potenziale che varia linearmente da  $V_0$  a  $V_f$  nel tempo di  $\Delta T$ . All'interno del solenoide è collocata una piccola bobina di  $N=10$  spire di raggio  $R$  e resistenza di  $1k\Omega$ . Si valuti la corrente indotta nella bobina e il suo verso (concorde o discorde con quella che scorre nell'avvolgimento del solenoide) e la direzione del campo magnetico indotto. Si assuma  $R_0=50\text{cm}$ ,  $R=30\text{cm}$ ,  $V_0=0\text{ V}$ ,  $V_f=10\text{ V}$ ,  $\Delta T=10s$ .



iniziale = 0, I finale = 1A, su 10s  
 $I_{sol} [\text{Ampere}] = (0.1t)$ ,  $B = \mu_0 n I$ ,  $\epsilon_{ind} = -\mu_0 n \times 0.1 \times N \pi R^2$ ,  $i_{ind} = -\mu_0 n \times 0.1 \times N \pi R^2 / 1k\Omega = 3.55\mu A$

**P14.1.A**

Una mole di gas perfetto compie un ciclo di trasformazioni che lo riporta nel punto di partenza A passando attraverso i punti B e C. Si descriva la natura di ciascuna delle tre trasformazioni che compongono il ciclo, si determini la temperatura del gas nei punti A, B e C. Si calcoli il lavoro compiuto dal gas nel ciclo, il calore assorbito nel ciclo e la variazione di energia interna tra i punti B e C ( $U^{int_C} - U^{int_B}$ )

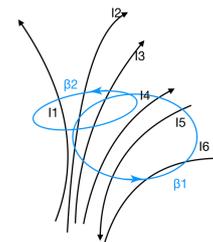


A->B isocora, B->C isoterma, C->A isobara;  $T_A = PV/R = 10^5 \times 5 \times 10^{-3} / 8.31 = 60K$ ,  $T_B = T_C = 180K$ , il lavoro è l'area colorata =  $nRT_B \ln(V_C/V_B) - P_A(V_C - V_B) = 8.31 \times 180 \times \ln 3 - 10 \times 10^5 \times 10^{-3} = 643.3\text{ J}$ ;  $U^{int_C} - U^{int_B} = 0$ ,  $\Delta U_{ciclo} = 0 \rightarrow Q_{ciclo} = L_{ciclo}$ ,  $Q_{ciclo} = Q_{assorbito} - Q_{ceduto} = C_v 120 + RT_B \ln(V_C/V_B) - C_p 120 = RT_B \ln(V_C/V_B) - R 120 = 1640 - 997 = 646.1\text{ J}$ ;  $Q_{assorbito} = Q_{AB}$ .

**Domande** (peso di ogni domanda: 4)

**D11.1.A**

Si calcoli la corrente concatenata con il circuito  $\beta_1$  e il flusso di  $\vec{J}$  attraverso una superficie piana  $\Sigma_{\beta_2}$  che ha come bordo  $\beta_2$ , ossia  $\Phi_{\Sigma_{\beta_2}}(\vec{J}) = \int_{\Sigma_{\beta_2}} \vec{J} \cdot d\vec{s}$ .



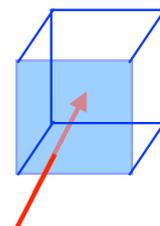
la corrente concatenata con il circuito  $\beta_1$  è  $i_2+i_3+i_4+i_6-i_5$ .  
Il flusso richiesto è  $i_1+i_2+i_3$ .

**D12.1.A**

Si enunci la legge di Lenz e si discuta un esempio.

**D13.1.A**

Si calcoli il flusso del campo elettrico attraverso la superficie cubica chiusa in figura di lato  $a$ , tenendo conto che la freccia rossa rappresenta il vettore  $\vec{d}$  relativo a dipolo elettrico di modulo  $p$  (un tratto opaco della freccia che rappresenta il dipolo indica il fatto che lo si osserva in trasparenza attraverso una superficie attraversata)



Il dipolo è fatto di due cariche opposte di intensità  $p/d$ ; la carica  $>0(<0)$  è interna(esterna) alla superficie; per la legge di Gauss, il flusso è  $p/(d\epsilon_0)$ .

**D14.1.A**

Si enunci e si discuta il primo principio della termodinamica. Lo si applichi a una trasformazione isobara che innalza la temperatura di un cubetto di ferro di massa  $m=10g$  da  $20^\circ C$  a  $50^\circ C$ .

$\Delta U=Q-L$ ,  $V$  rimane invariato, quindi non c'è lavoro (l'effetto di espansione termica è trascurabile), Quindi  $Q$  è assorbito a pressione costante  $\Delta U=Q=m C_p \Delta T$ .

**D15.1.A**

Considerata una lente sottile convergente di distanza focale  $f=15cm$ , si costruisca l'immagine di un oggetto di dimensioni trasversali  $y=15mm$  che si trova alla coordinata oggetto  $p=10cm$  (si faccia lo schema). Si stimi la coordinata immagine, e l'ingrandimento trasversale.

L'immagine sarà immaginaria alla coordinata immagine  $q=pf/(p-f)=150/(-5)=-30cm$ .  
 $G=y'/y = q/p=3$ .

**RICORDA:**

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} C^2/Nm^2 = 8.85 \cdot 10^{-12} F/m$ ;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$

$k = 1/(4 \pi \epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$

$|e| = 1.6 \cdot 10^{-19} C$ .

Costante di gravitazione universale  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$

Massa dell'elettrone  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} Kg$

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

Massa della terra  $m_T = 5.97 \cdot 10^{24} Kg$

Raggio medio della terra  $R_T = 6.37 \cdot 10^6 m$

$1 atm = 1.013 \times 10^5 Pa$

Densità volumetrica dell'acqua  $1000 Kg/m^3$

Numero di Avogadro  $N_A = 6.022 \times 10^{23} mol^{-1}$

Costante di gravitazione universale  $G = 6.67 \times 10^{-11} Nm^2/Kg^2$

Costante universale dei gas  $R = 8.31 J/(mole K)$

Costante di Boltzmann  $k_B=R/N_A$

$1 cal = 4.18 J$

$X ^\circ C = (X+273.15) K$

Calore latente di evaporazione dell'acqua  $\lambda=2272 kJ/kg$

Calore latente di fusione del ghiaccio  $\lambda = 333 kJ/kg$

$c = 3 \cdot 10^8 m/s$ .