

1 - Esame di ammissione al Dottorato in Fisica  
 Università di Roma Tre  
 2 Ottobre 2002 – (tema estratto)

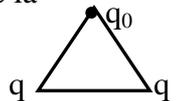
I candidati svolgano il tema e non più di tre dei quattro esercizi proposti. Il voto sarà in sessantesimi così distribuiti: 24 al tema e 12 per ciascuno dei tre esercizi.

**Tema.** La nascita della meccanica quantistica: descrivere alcuni dei fenomeni non spiegati dalla fisica classica che hanno portato allo sviluppo della meccanica quantistica.

**Problema n.1** Un blocco di rame di 20 g alla temperatura di 100 °C è posto in contatto con un blocco di alluminio di 10 g a 20 °C. A) trovare la temperatura di equilibrio del sistema; B) trovare la variazione di entropia del sistema.

Dati: calore specifico del rame 0.39 J/g °K, calore specifico dell'alluminio 0.91 J/g °K

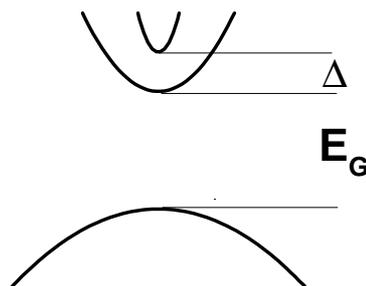
**Problema n.2** Una sferetta carica di massa  $m$  è posta al vertice di un triangolo equilatero di lato  $L$ , messo in verticale. Agli altri due vertici sono poste due cariche  $q=2 \cdot 10^{-11}$  C uguali fra loro. Se la carica della sferetta vale  $q_0=1.2 \cdot 10^{-11}$  C e la sua massa è  $m=5$  mg, calcolare quale deve essere la lunghezza del lato  $L$  perché la forza di gravità sia bilanciata.



**Problema n.3** Le bande di valenza e di conduzione di un ipotetico semiconduttore tridimensionale e isotropo sono rappresentate in figura. Le bande possono essere considerate paraboliche vicino ai rispettivi massimi e minimi. Si determinano le mobilità degli elettroni e delle lacune nelle rispettive bande e la conducibilità totale a temperatura ambiente. Si ricordi che l'occupazione di una banda parabolica, il cui minimo è  $E_0$ , all'equilibrio termico può essere espressa da

$$n(T) = N(T) \exp[-(E_0 - E_F) / kT]; \quad N(T) = \frac{1}{4} \left( \frac{2m^* kT}{\pi \hbar^2} \right)^{3/2}$$

Dati:  $E_G=1$  eV;  $\Delta = 50$  meV;  $m_{1c}^* = 0.5 m_0$ ;  $m_{2c}^* = 0.3 m_0$ ;  $m_v^* = m_0$ ;  $\tau_e = 10^{-11}$  s,  $\tau_h = 10^{-12}$  s.



**Problema n.4** La teoria di Fermi predice che la sezione d'urto per la reazione  $\bar{\nu}_e p \rightarrow n e^+$  è  $\sigma \approx 10^{-44}$  cm<sup>2</sup> quando l'energia dell'antineutrino è  $E \approx 2$  MeV. Calcolare la probabilità che l'antineutrino interagisca in questo modo nell'attraversare uno spessore di 10 km di acqua.

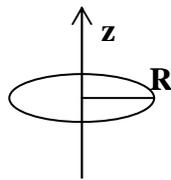
2 - Esame di ammissione al Dottorato in Fisica  
Università di Roma Tre  
2 Ottobre 2002

I candidati svolgano il tema e non più di tre dei quattro esercizi proposti. Il voto sarà in sessantesimi così distribuiti: 24 al tema e 12 per ciascuno dei tre esercizi.

**Tema.** Si discuta il concetto di entropia a partire da una delle sue definizioni e se ne illustri l'importanza nei fenomeni fisici.

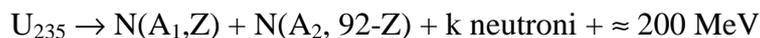
**Problema n.1.** Si consideri la terra come una sfera omogenea di raggio  $R=6.37 \cdot 10^6$  m che ruota intorno al suo asse: supponendo che possa contrarsi mantenendo la forma sferica e la massa costante, determinare il valore del raggio a cui corrisponde una diminuzione del periodo del 5%. Si ricordi che il momento di inerzia di una sfera omogenea è  $\frac{2}{5} MR^2$ .

**Problema n.2.** Un anello sottile di materiale plastico di raggio  $R$  è caricato con una densità di carica lineare uniforme. Una sferetta carica di massa  $m$ , inizialmente ferma, è posta lungo l'asse perpendicolare al piano dell'anello e passante per il centro ad una distanza  $z_0=0.5$  mm dal centro stesso. Si determini la velocità con la quale la sferetta raggiunge il centro dell'anello. Dati dell'anello: carica  $2 \cdot 10^{-9}$  C,  $R=3$  mm. Dati della sferetta:  $m=3 \cdot 10^{-8}$  Kg, carica  $-5 \cdot 10^{-16}$  C. (Trascurare la forza di gravità)



**Problema n.3.** Un insieme di atomi di idrogeno in presenza di un campo magnetico debole viene eccitato nello stato 3d in modo da popolare equamente tutti i livelli. Si indichino le righe che si osservano in polarizzazione parallela al campo magnetico nelle transizioni verso i livelli 2p.

**Problema n.4.** Un reattore nucleare produce  $2 \cdot 10^9$  Watt. Calcolare quanti eventi di fissione provenienti dalle reazioni



sono prodotti in un secondo. Calcolare inoltre quanti chilogrammi di uranio si consumano in un anno.

3 - Esame di ammissione al Dottorato in Fisica  
Università di Roma Tre  
2 Ottobre 2002

I candidati svolgano il tema e non più di tre dei quattro esercizi proposti. Il voto sarà in sessantesimi così distribuiti: 24 al tema e 12 per ciascuno dei tre esercizi.

**Tema.** Si illustri l'interazione della radiazione elettromagnetica con la materia e si faccia un esempio di un fenomeno fisico governato da tale interazione.

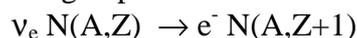
**Problema n.1.** Trovare qual è il raggio minimo che un pianeta, avente una temperatura di 450 K e la cui densità media è  $4500 \text{ Kg/m}^3$ , deve avere affinché nella sua atmosfera ci sia elio.

**Problema n.2.** Uno ione  $\text{Na}^+$  ( $m=23 \text{ a.m.u.}$ ) è accelerato da una differenza di potenziale di 20 kV. Viene quindi fatto passare in una regione dove vi è campo magnetico  $B=0.2 \text{ T}$  uniforme e diretto verticalmente rispetto alla direzione del fascio. Calcolare quale deve essere l'intensità di un campo elettrico nella stessa regione che consenta allo ione di procedere in modo rettilineo.

**Problema n.3.** Sia dato un reticolo quadrato bidimensionale i cui atomi hanno un orbitale di valenza di tipo s. In approssimazione di tight-binding a primi vicini: A) si scriva la relazione di dispersione della banda di valenza, B) si calcoli l'ampiezza della banda, C) si calcoli la massa efficace degli elettroni a  $k=0$ .

Si indichi con  $\gamma$  l'integrale di trasferimento e si trascurino gli integrali di sovrapposizione.

**Problema n.4.** Calcolare l'energia di soglia per la reazione



trascurando il moto di Fermi dei nucleoni nel nucleo.