

AMMISSIONE AL DOTTORATO — PISA — OTTOBRE 2012

Il candidato discuta almeno tre dei cinque problemi proposti, e sviluppi un solo breve tema (non più di una facciata di foglio protocollo) su uno dei tre argomenti proposti. Il candidato introduca le costanti o le variabili —non menzionate nel testo dei problemi— ritenute necessarie per risolvere i problemi e dichiarare esplicitamente le eventuali ipotesi utilizzate. Le risposte vanno giustificate.

1. Quando le pale, che hanno lunghezza L , dell'elica di un elicottero ruotando imprimono all'aria una velocità v diretta verso il basso, l'elicottero può mantenere velocità nulla. Dare una stima della massa m dell'elicottero.

$$1. \quad m \approx$$

2. Due corpi di identica capacità termica $C(T)$, dipendente dalla temperatura secondo la legge $C(T) = aT$ (con $a > 0$), possiedono inizialmente temperature T_1 e T_2 , con $T_1 > T_2$. Messi in contatto termico, essi raggiungono la temperatura di equilibrio T_{eq} . Si calcoli T_{eq} e la variazione di entropia ΔS della trasformazione (si trascuri ogni scambio di calore tra i corpi e l'ambiente).

$$2. \quad T_{eq} = \qquad \qquad \qquad \Delta S =$$

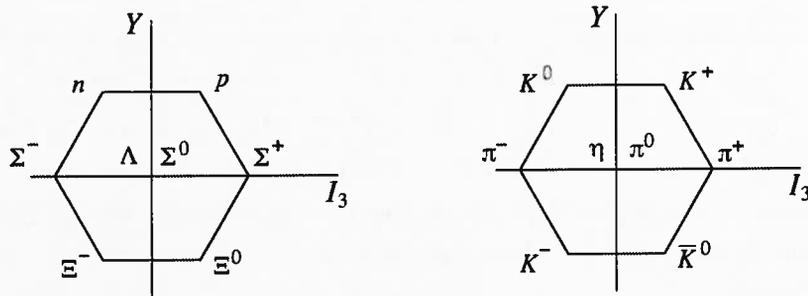
3. Ricavare l'espressione dell'energia interna $U(T, V)$ per un gas di fotoni in equilibrio termico a temperatura T e in un volume V (lasciare indicate eventuali costanti numeriche).

$$3. \quad U(T, V) =$$

4. Un punto P , di coordinate cartesiane \mathbf{x}_0 , si trova nell'interno di un corpo non conduttore di forma generica avente una densità non nulla di carica elettrica uniforme all'interno del suo volume. Sia $\mathbf{E}(\mathbf{x}_0)$ il vettore campo elettrico in P . Si modifica ora l'oggetto realizzando una cavità di forma sferica, centrata nel punto P , interamente contenuta all'interno del corpo; la densità di carica nella parte rimanente del corpo rimane inalterata. Si dica se il nuovo campo elettrico $\mathbf{E}'(\mathbf{x}_0)$ —del corpo con la cavità— è diverso da $\mathbf{E}(\mathbf{x}_0)$ e se ne spieghi il motivo.

4. $\mathbf{E}'(\mathbf{x}_0)$ è

5. In figura sono mostrati i multipletti dei barioni e dei mesoni.



Quali tra le seguenti reazioni forti sono proibite ?

- (1) $p + \pi^- \rightarrow \Sigma^+ + K^-$
 (2) $n + \pi^0 \rightarrow \Sigma^+ + \pi^-$

5. Sono proibite le reazioni

TEMI PROPOSTI

- [1] La misura di una costante fondamentale in Fisica; si discutano in particolare i limiti di accuratezza (per esempio, presenza di errori sistematici) e di precisione (per esempio, riproducibilità).
 [2] Teoria della simmetria in meccanica quantistica.
 [3] Oscillazione dei neutrini.

AMMISSIONE AL DOTTORATO — PISA — OTTOBRE 2012

Il candidato discuta almeno tre dei cinque problemi proposti, e sviluppi un solo breve tema (non più di una facciata di foglio protocollo) su uno dei tre argomenti proposti. Il candidato introduca le costanti o le variabili —non menzionate nel testo dei problemi— ritenute necessarie per risolvere i problemi e dichiarare esplicitamente le eventuali ipotesi utilizzate. Le risposte vanno giustificate.

1. In certe condizioni, una molecola biatomica può essere schematizzata come formata da due atomi puntiformi di massa m_1 ed m_2 (con $m_1 \neq m_2$) la cui distanza relativa D è fissa. Scrivere l'espressione dell'energia cinetica E_k della molecola nel sistema di riposo del centro di massa.

$$1. \quad E_k =$$

2. Un recipiente termicamente isolato è diviso in due comparti, uno dei quali contiene una mole di gas perfetto biatomico mentre il secondo contiene due moli di gas perfetto monoatomico. Entrambi i gas hanno la stessa temperatura e la stessa pressione. Ad un certo istante la parete che separa i due comparti viene rimossa; nel passare dallo stato iniziale allo stato di equilibrio, quanto vale la variazione ΔS dell'entropia ?

$$2. \quad \Delta S =$$

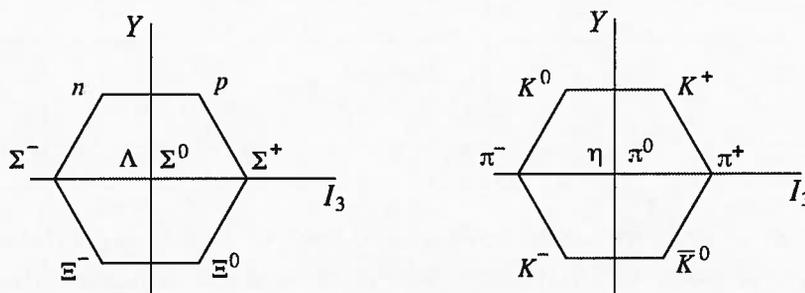
3. Si consideri un insieme di particelle identiche non interagenti tra loro, che soddisfano una statistica "intermedia" nella quale, per ogni stato $|\alpha\rangle$ di singola particella (con $\alpha = 1, 2, \dots$) di energia ϵ_α , il numero di occupazione può assumere solamente i seguenti tre valori 0, 1, 2. Determinare il numero medio $\langle n_\alpha \rangle$ di occupazione dello stato $|\alpha\rangle$, in funzione della temperatura T e del potenziale chimico μ .

$$3. \quad \langle n_\alpha \rangle =$$

4. Due sfere conduttrici di raggio R possiedono carica elettrica $Q_1 = Q$ e $Q_2 = 0$. Le sfere sono sufficientemente distanti l'una dall'altra da poter trascurare qualunque forma di induzione elettrostatica. Si collegano le due sfere con un cavo conduttore di resistenza elettrica finita e sufficientemente elevata da poter trascurare fenomeni di irraggiamento. Si calcoli l'energia E complessivamente dissipata nella resistenza.

4. $E =$

5. In figura sono mostrati i multipletti dei barioni e dei mesoni.



Quali tra le seguenti reazioni forti sono proibite ?

- (1) $n + \pi^+ \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$
 (2) $\Xi^0 + \pi^0 \rightarrow \Lambda + K^0$

5. Sono proibite le reazioni

TEMI PROPOSTI

- [1] Metodi di riduzione del rumore in Fisica.
 [2] L'approssimazione semiclassica in meccanica quantistica.
 [3] Violazioni di parità in Fisica.

AMMISSIONE AL DOTTORATO — PISA — OTTOBRE 2012

Il candidato discuta almeno tre dei cinque problemi proposti, e sviluppi un solo breve tema (non più di una facciata di foglio protocollo) su uno dei tre argomenti proposti. Il candidato introduca le costanti o le variabili —non menzionate nel testo dei problemi— ritenute necessarie per risolvere i problemi e dichiarare esplicitamente le eventuali ipotesi utilizzate. Le risposte vanno giustificate.

1. Ad un certo istante, un asteroide si trova a distanza R dal sole e possiede una velocità $\mathbf{v} = v_1 \mathbf{n}_1 + v_2 \mathbf{n}_2$ (con $v_1 > 0$ e $v_2 > 0$), in cui il versore \mathbf{n}_1 è diretto lungo la direzione che va dall'asteroide al centro del sole e il versore \mathbf{n}_2 è ortogonale a \mathbf{n}_1 , ovvero $\mathbf{n}_1 \cdot \mathbf{n}_2 = 0$. Determinare la distanza minima d di avvicinamento al sole.

1. $d =$

2. Una mole di gas perfetto biatomico compie una trasformazione irreversibile a pressione costante in cui il volume dimezza, ovvero $V_{finale} = V_{iniziale}/2$. Calcolare la variazione ΔS di entropia.

2. $\Delta S =$

3. Si provi che lo stato ordinato di una catena ferromagnetica unidimensionale —sufficientemente lunga— è instabile in assenza di campo magnetico esterno. A tale scopo, partendo inizialmente dalla configurazione perfettamente ordinata, si consideri la variazione ΔF di energia libera a seguito della formazione di una “frattura”. Una frattura nella catena corrisponde al ribaltamento simultaneo di tutti i dipoli magnetici da un certo punto in poi della catena. Sia ΔE il costo in energia di una frattura che può avvenire a caso in uno dei suoi N siti. Si calcoli ΔF e si provi che per catene sufficientemente lunghe $\Delta F < 0$.

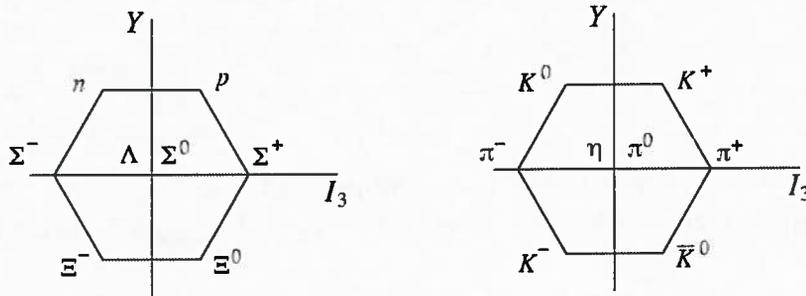
3. $\Delta F =$

$\Delta F < 0$ se ...

4. Un fascio di fotoni polarizzati, di frequenza fissata ν e polarizzazione descritta dal versore z diretto lungo la verticale, incide su un polaroid il cui asse principale è diretto lungo la direzione n che forma un angolo di $\pi/6$ con z . Sia I_0 l'intensità del fascio incidente e I l'intensità del fascio che oltrepassa il polaroid (l'intensità corrisponde all'energia portata dal fascio per unità di tempo e per unità di superficie ortogonale al fascio). Determinare il rapporto $R = I/I_0$.

4. $R =$

5. In figura sono mostrati i multipletti dei barioni e dei mesoni.



Quali tra le seguenti reazioni forti sono proibite ?

- (1) $p + \pi^0 \rightarrow \Lambda + \pi^+$
 (2) $n + K^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$

5. Sono proibite le reazioni

TEMI PROPOSTI

- [1] I principali tipi di rumore osservati in Fisica.
 [2] Regole di selezione per le transizioni elettromagnetiche nei sistemi atomici.
 [3] Simmetrie di flavor delle interazioni forti.