Dottorato in Fisica dell' Universitá di Torino

PROVE di Ammissione

2^a PROVA
PARTE SCRITTA DIFFERENZIATA PER INDIRIZZI

BUSTA 3

Descrizione della Prova

I candidati dovranno svolgere gli esercizi relativi all'indirizzo prescelto. Non é vietato risolvere gli esercizi relativi ad altri indirizzi, ma non é *assolutamente* richiesto. Nel loro elaborato i candidati dovranno specificare l'indirizzo che hanno scelto ed elencare il numero dell'esercizio ed il punto a cui man mano si rivolgono. Si consiglia di scrivere ordinatamente e di seguire l'ordine proposto che indica un percorso guidato verso la soluzione.
Il candidato tenterá di risolvere tutti gli esercizi del proprio indirizzo tenendo presente che la commissione valuterá piú positivamente uno o piú esercizi completi che non qualche punto sparso di ogni esercizio.

1 Prima Indirizzo (*Sperimentale*): Fisica Nucleare e Subnucleare

1.0.1 esercizio

Fasci di muoni sono usati per realizzare esperimenti di "deep inelastic scattering" con leptoni di alta energia. I fasci di muoni sono ottenuti in questo modo:

- Dapprima una targhetta fissa è bombardata con un fascio di protoni
- I pioni carichi prodotti decadono in volo in muoni e neutrini ($\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu_{\mu}(\overline{\nu_{\mu}})$
- I muoni prodotti in questo decadimento sono selezionati in impulso onde creare il fascio di muoni.

Domande:

1) Qual' è l' energia nel sistema del laboratorio dei muoni se con campi magnetici sono selezionati i pioni di 350 GeV prodotti col fascio di protoni?

2) Quali sono i valori massimi e minimo, col segno, della polarizzazione di un fascio monoenergetico di muoni che si possono ottenere dal decadimento del fascio di pioni di 350 GeV?

1.0.2 Esercizio

Si studia il decadimento della risonanza ω (uno dei mesoni vettoriali) in $\pi^0\,\gamma$. Ci si apettano contributi al fondo neutro da decadimenti dell'ω in tre π^0 ? Perché?
Descrivere un possibile apparato sperimentale adatto a rivelare l'ω prodotto nella reazione a riposo :

$$p\,\bar{p} \,\rightarrow\, \pi^+\,\pi^-\,\omega \,\rightarrow\, \pi^+\,\pi^-\,\pi^0\,\gamma \,\rightarrow\, \pi^+\,\pi^-\,\gamma\,\gamma\,\gamma \tag{1}$$

Masse e numeri quantici delle particelle coinvolte:

	I^G	(J^{PC})
Protone	1/2	$(1/2^+)$
Omega	0^-	(1^{--})
Pione	1^-	(0^-)
Fotone		(1^-)

(2)

$$m_p \;=\; 0.938\,GeV\,/\,c^2 \tag{3}$$
$$m_\omega \;=\; 0.782\,GeV\,/\,c^2 \tag{4}$$
$$m_{\pi^\pm} \;=\; 0.139\,GeV\,/\,c^2 \tag{5}$$

2 Secondo Indirizzo (*Sperimentale*): Fisica degli Stati Condensati

2.0.3 Esercizio

La capacitá di un diodo a giunzione *pn* é usata con un'induttanza di $100\,\mu\,H$ per creare un circuito risonante. Calcolare lo spostamento della frequenza di risonanza quando la polarizzazione inversa applicata alla giunzione varia da -1 a $-10V$.

Dati

- $N_A = N_D = 10^{23}\,m^{-3}$
- $T = 25\;^0C$
- $\epsilon = 12$
- $n_i = 2 \times 10^{16}\,m^{-3}$
- $Area = 10^{-6}\,m^2$

2.0.4 Esercizio

Secondo il modello ad elettroni quasi liberi i gap di energia si trovano per valori del vettore d'onda $\overrightarrow{\mathbf{k}}$ corrispondenti alla riflessione di Bragg.

A Assumendo che il potenziale reticolare costituisca solo una piccola perturbazione, calcolare le direzioni, per un cristallo a struttura cubica semplice, in cui si trovano il primo, il secondo ed il terzo gap di energia.

B Per una costante reticolare $a = 4 \times 10^{-8}\, cm$ calcolare l'energia degli eletroni in corrispondenza di questi gaps

3 Terzo Indirizzo: Astronomia, Astrofisica, Fisica Cosmica, Geofisica

3.1 SottoSettore: Astronomia, Astrofisica, Fisica Cosmica

3.1.1 Esercizio

La rapida rotazione di stelle di neutroni dotate di intenso campo magnetico dipolare provoca l'emissione di radiazione di dipolo magnetico. Ne consegue un rallentamento della rotazione.

1) Nell'ipotesi che la stella di neutroni sia una sfera di densità uniforme, si calcoli la relazione tra l'energia irraggiata e l'allungamento del periodo.

2) Si calcoli il periodo di rallentamento di una pulsar che irraggia radiazione di dipolo con luminosità $L = 2,3 \times 10^{38}$ erg/sec ed ha un periodo $P = 27$ millisecondi (si assuma per la pulsar una masssa $M = n \times M_{\odot}$ e un raggio $R = 10\, Km$).

3) Quali valori del numero n di cui al punto precedente sono ipotizzabili?.

3.1.2 Esercizio

Si studi il seguente moto orbitale nel sistema solare.

La Cometa di Austin, scoperta nel 1982, percorre un'orbita parabolica. Si calcoli qual'era la sua velocità orbitale all'8 ottobre 1982 quando si trovava ad una distanza dal Sole di 1.1 unità astronomiche.

3.2 Sottosettore: Geofisica

3.2.1 Esercizio

Calcolare il tempo necessario affinché Pb^{210} ($T_{1/2} = 22.3$ anni) ed il Bi^{210} ($T_{1/2} = 5$) giorni, appartenenti entrambi alla catena naturale dell' U^{238} raggiungano l'equilibrio secolare entro l'1%, supponendo che a $t = 0$ l'attivitá del Bi^{210} sia nulla.

3.2.2 Esercizio

Sugli edifici i venti possono esercitare delle pressioni o delle depressioni (sulla faccia opposta alla direzione del vento) sufficienti per asportare le tegole.

Domande:

1) Dire come è la pressione statica all' interno di un edificio (superiore o inferiore) rispetto alla pressione al di sopra del tetto quando soffia un vento di velocità v e scrivere la relazione matematica.

2) Supponendo che la densità dell' aria sia 2 Kg/m^3, che il tetto sia a forma di $\triangle$ con i due lati inclinati di 60^0 rispetto alla verticale, che la direzione del vento formi un angolo di 60^0 con la normale al piano del tetto esposto alla sua pressione, calcolare la velocità che deve raggiungere il vento per asportare una tegola del peso di 10 Kg. e della superficie di 90 cm^2.

4 Quarto Indirizzo: Fisica Teorica

4.0.3 Esercizio

Si risponda alle seguenti domande:

1) Ciascuno dei due spinori di Dirac

$$\begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \\ -\frac{1}{2} \\ \\ \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{|\vec{\mathbf{p}}|}{E+m} \\ \\ -\frac{1}{2}\frac{|\vec{\mathbf{p}}|}{E+m} \end{pmatrix} \tag{6}$$

$$\begin{pmatrix} \sqrt{\frac{2\sqrt{3}+3}{2}} - \sqrt{\frac{2\sqrt{3}-3}{2}}\frac{|\vec{\mathbf{p}}|}{E+m} \\ \\ 0 \\ \\ -\sqrt{\frac{2\sqrt{3}-3}{2}} + \sqrt{\frac{2\sqrt{3}+3}{2}}\frac{|\vec{\mathbf{p}}|}{E+m} \\ \\ 0 \end{pmatrix}, \tag{7}$$

dove E, $\vec{\mathbf{p}}$ e m sono rispettivamente l'energia, l'impulso e la massa di un elettrone, è riconducibile allo spinore

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{|\vec{\mathbf{p}}|}{E+m} \\ 0 \end{pmatrix} \tag{8}$$

mediante una specifica trasformazione spazio-temporale. Determinare le due trasformazioni (scegliere l'asse z lungo il vettore $\vec{\mathbf{p}}$).

2) Sia

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\partial^\mu \vec{\varphi} \cdot \partial_\mu \vec{\varphi} - V(\varphi^2)$$

La densità lagrangiana per un multipletto di N campi scalari reali $\vec{\varphi}$, dove si è posto $\varphi^2 = \vec{\varphi} \cdot \vec{\varphi}$ e il potenziale $V(x)$ è una funzione arbitraria.

- Si discutano le simmetrie del modello e si costruiscano le correnti di Noether associate alle simmetrie continue.
- Posto $V(x) = ax + bx^2$ si determino le dimensioni di scala dei parametri reali a e b in funzione della dimensione D dello spazio-tempo
- Utilizzando il potenziale del punto precedente (in D=4) si determino i possibili vuoti classici di questa teoria di campo.

4.0.4 Problema

Si consideri uno stato coerente del campo elettromagnetico, definito come

$$|c\rangle = \sum_{n=0}^{\infty} b_n |n\rangle$$

dove $|n\rangle$ é uno stato con n fotoni e

$$b_n = \frac{1}{\sqrt{n!}} z^n e^{-|z|^2/2}$$

z essendo un numero complesso.

1) Si verifichi la normalizzazione dello stato $|c\rangle$.

2) Si dimostri che il valor medio dell'operatore di campo elettromagnetico nello stato coerente $|c\rangle$ ha l'espressione di un'onda elettromagnetica classica.

3) Si commenti sul significato fisico del punto 2, considerando l'incertezza relativa sul numero di fotoni medio nello stato coerente:

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\sqrt{\langle c|\hat{n}^2|c\rangle - \langle c|\hat{n}|c\rangle^2}}{\langle c|\hat{n}|c\rangle}$$