

## Il candidato svolga un tema e tre esercizi

**Tema 1** - Illustrare un contributo (teorico o sperimentale) che a vostro avviso ha avuto particolare influenza sullo sviluppo della fisica moderna.

**Tema 2** - La risonanza è un fenomeno che si verifica in fisica nei contesti più diversi. Discutere un esempio specifico.

**Esercizio 1** - Data una sorgente celeste caratterizzata da due getti di materia antiparalleli in moto con velocità  $v$  ad un angolo  $\theta$  rispetto all'osservatore, in virtù dell'effetto Doppler ci aspettiamo che la lunghezza d'onda relativa ad una transizione atomica, rispetto al suo valore di laboratorio ( $\lambda_o$ ), ci appaia maggiore ( $\lambda_r$ ) da uno dei due getti e minore ( $\lambda_b$ ) dall'altro. Se troviamo  $(\lambda_r + \lambda_b)/2 \neq \lambda_o$  e attribuiamo la differenza all'effetto Doppler trasverso, mostrare che dalla misura di  $\lambda_r$  e  $\lambda_b$  si possono ricavare sia  $v$  che  $\theta$ .

**Esercizio 2** - Un corpo rigido a simmetria cilindrica di massa  $M$  e densità uniforme è in rotazione attorno all'asse di simmetria con velocità angolare  $\omega$ . Il corpo, di materiale isolante, ha carica elettrica  $Q$  con densità di carica uniforme. Calcolare la relazione tra il momento di dipolo magnetico e il momento angolare relativi all'asse di simmetria.

**Esercizio 3** - Un corpo di massa  $m = 0.1 \text{ Kg}$  viene lasciato cadere con velocità iniziale nulla in un fluido (di densità molto minore di quella del corpo) che esercita una forza proporzionale alla velocità  $\vec{F} = -h\vec{v}$  con  $h = 0.14 \text{ Kg m s}^{-2}$ . Calcolare la potenza dissipata a regime.

**Esercizio 4** - Un dado viene gettato 100 volte e il numero "6" esce 10 volte. Discutere se questo è statisticamente compatibile con la probabilità di avere "6", se conviene ripetere la prova o se è meglio cambiare dado.

## Il candidato svolga un tema e tre esercizi

**Tema 1** - Pochi mesi fa è stato celebrato il centenario della nascita di Enrico Fermi. Discutere uno dei contributi di Fermi al progresso delle conoscenze in fisica che a vostro avviso è di particolare importanza.

**Tema 2** - In un contesto a scelta del candidato, si discuta uno dei seguenti aspetti della radiazione elettromagnetica:

- a) in relazione ad un particolare meccanismo di emissione, lo spettro fornisce informazioni sulla natura della sorgente;
- b) in relazione ad un meccanismo di interazione, lo spettro emergente fornisce informazioni sulle proprietà del mezzo;
- c) la polarizzazione fornisce informazioni sulla natura della sorgente e/o sulle proprietà del mezzo.

**Esercizio 1** - Una particella quantistica di massa  $m$  è vincolata a muoversi su un segmento di lunghezza  $L$  da due barriere di potenziale infinite. La distribuzione di probabilità iniziale è data dalla funzione d'onda normalizzata

$$\Psi(x) = 0 \quad \text{per} \quad 0 \leq x < L/4 \quad 3L/4 < x \leq L$$
$$\Psi(x) = \sqrt{2/L} \quad \text{per} \quad L/4 \leq x \leq 3L/4$$

Si effettua una misura dell'energia e si trova  $E = (\hbar^2/2m) (\pi/L)^2$ . Quale era la probabilità a priori di questo risultato? Quale è la probabilità di trovare lo stesso valore se si ripete la misura?

**Esercizio 2** - La molecola  $CO$  nello spazio interstellare viene studiata grazie a transizioni fra stati quantici di energia rotazionale, con lunghezza d'onda nelle onde millimetriche. Volendo discriminare, per una di queste transizioni, il contributo del  $^{12}C^{16}O$  da quello del  $^{13}C^{16}O$ , stimare la risoluzione spettrale  $\Delta\lambda/\lambda$  necessaria.

**Esercizio 3** - Un solenoide con spire di raggio  $0.2 \text{ m}$  produce un campo di induzione magnetica di  $0.1 \text{ T}$ . Un atomo di Carbonio ionizzato,  $C^+$ , (peso atomico  $A = 12$ ) ha inizialmente velocità  $\vec{v}$  nel piano normale alla direzione del campo magnetico diretta verso il centro delle spire. Calcolare il valore della velocità per cui la direzione dello ione è deflessa di  $90^\circ$  all'uscita del solenoide.

**Esercizio 4** - Dato un gas ideale monoatomico di puro Idrogeno oppure di puro Carbonio (peso atomico  $A = 12$ ) alla stessa temperatura, quale è il rapporto tra le velocità del suono nei due mezzi?

## Il candidato svolga un tema e tre esercizi

**Tema 1** - In un contesto fisico a scelta, illustrare come l'esistenza di leggi di conservazione permette di predire o dedurre le caratteristiche essenziali di un fenomeno.

**Tema 2** - Per la misura di una grandezza fisica (o più grandezze interconnesse) in un contesto a scelta del candidato, discutere l'uno oppure l'altro dei seguenti aspetti:

a) il metodo sperimentale e la precisione raggiunta (o desiderabile), con le relative implicazioni sulla interpretazione del risultato (raggiunto oppure desiderabile);

b) l'ipotesi teorica che si intende verificare e la accuratezza da raggiungere perché la misura risulti significativa al fine di convalidare o falsificare l'ipotesi di partenza.

**Esercizio 1** - Un corpo di massa  $M$  dotato di velocità  $v_M$  che attraversa un ambiente con densità  $\rho$  costituito da corpi di massa  $m \ll M$  e velocità  $v_m \ll v_M$  è soggetto per interazione gravitazionale ad una forza ritardante di intensità proporzionale a  $G^a M^a \rho^b v_M^c$ . Trovare i valori degli esponenti  $a, b, c$ .

**Esercizio 2** - Un fascio di elettroni di energia cinetica  $300 \text{ eV}$  ha direzione parallela alle armature di un condensatore a facce piane parallele e, quando questo è scarico, produce una macchia su uno schermo posto alla distanza  $\ell_1 = 12 \text{ cm}$  dalla fine del condensatore. Quando il condensatore viene caricato, la macchia luminosa sullo schermo si sposta di  $\delta = 3 \text{ cm}$ . Trovare il potenziale applicato al condensatore. La lunghezza degli elettrodi è  $\ell = 6 \text{ cm}$  e la distanza tra gli elettrodi è  $d = 6 \text{ cm}$ .

**Esercizio 3** - L'interazione tra due spin è descritta dall'operatore hamiltoniano

$$\hat{H} = J \vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2 = J (\sigma_1^x \sigma_2^x + \sigma_1^y \sigma_2^y + \sigma_1^z \sigma_2^z)$$

$\sigma^x, \sigma^y, \sigma^z$  sono le matrici di Pauli. Quali sono i possibili risultati di una misura di  $\hat{H}$ ? A quali stati del sistema dei due spin corrispondono?

**Esercizio 4** - Il carbonio naturale (peso atomico  $A = 12$ ) contiene una piccola frazione,  $10^{-12}$ , di un isotopo radioattivo che decade con vita media  $8300 \text{ anni}$ . Si misura il numero di decadimenti di un campione di  $0.1 \text{ grammi}$  e non si registra alcun evento in un tempo di misura di  $10 \text{ minuti}$ . Discutere se il risultato è statisticamente compatibile con il numero di eventi attesi, se conviene ripetere la misura o se è meglio verificare il funzionamento degli strumenti. [  $1 \text{ anno} = 5 \cdot 10^5 \text{ minuti}$  ]