

Compito n.1

Il candidato discuta sinteticamente uno dei seguenti temi:

1. Descrivere i fenomeni d'urto secondo le leggi della fisica classica. Descrivere l'evoluzione di questo fenomeno nella fisica moderna.
2. Fenomeni elettrici e magnetici dipendenti dal tempo: evidenze sperimentali, formalizzazione ed esempi.
3. Difficoltà della trattazione classica nella descrizione dell'atomo e la soluzione data dalla Meccanica Quantistica.

Il candidato risolva tre a scelta dei seguenti esercizi:

1. Una sfera omogenea di massa $m=4$ Kg e raggio $R=0.5$ m è poggiata in quiete su di un piano orizzontale scabro. All'istante $t=0$ s viene applicata una coppia di momento costante \mathbf{M} ad un asse della sfera passante per il suo centro e parallelo al suolo, con \mathbf{M} parallelo all'asse stesso.
 - a) Assumendo un momento di modulo pari a $M=10$ Nxm ed un moto di puro rotolamento, si determini lo spostamento del centro di massa nell'intervallo di tempo 0 - 3 s.
 - b) Se il coefficiente d'attrito statico tra la sfera ed il piano orizzontale vale $\mu_s=0.2$, si determini il massimo valore del modulo del momento affinché si abbia un moto di puro rotolamento.

2. Un campo magnetico trasverso e' capace di curvare con un raggio di 20 cm tutti i fotoelettroni prodotti da fotoni di lunghezza d'onda di 4000 Å che incidono su un emettitore di Bario che ha un potenziale di estrazione di 2,5 eV.

Calcolare la velocità dei fotoelettroni prodotti.

Calcolare il campo magnetico capace di determinare tale curvatura

3. L'Hamiltoniana

$$H_0\Psi(x, y) = -\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{d^2}{dx^2}\Psi\right)(x, y) - \frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{d^2}{dy^2}\Psi\right)(x, y) + \frac{m\omega^2(x-1)^2}{2}\Psi(x, y) + \frac{m\omega^2(y+1)^2}{2}\Psi(x, y)$$

descrive la dinamica di due particelle quantistiche in una dimensione, di ugual massa, che oscillano, indipendentemente, con la stessa pulsazione ω , rispettivamente attorno ai punti +1 e -1.

- a) Caratterizzare lo spettro energetico dell'Hamiltoniana H_0 e scrivere l'autofunzione normalizzata relativa al valore energetico più basso;

Se le particelle interagiscono tra loro con un potenziale a corto range ben approssimato da $V(x,y) = \alpha \delta(x-y)$, con α positivo,

- b) calcolare, in teoria perturbativa al primo ordine, l'energia del più basso livello energetico del sistema.

4. Illustrare un classico raddrizzatore per corrente alternata e spiegarne il funzionamento.

Descrivere il filtro capace di avere in uscita una corrente continua.

Indicare i parametri principali del filtro nell'ipotesi di volere un ripple massimo dell'1%.

5. Una particella di massa a riposo m_0 che si muove con velocità $0,8c$ induce una collisione completamente inelastica con una particella con massa a riposo $3m_0$ che inizialmente e' ferma.

Quali sono le leggi di conservazione che regolano il processo?

Quale e' la massa a riposo dell'unica particella finale?

Compito n.2

Il candidato discuta sinteticamente uno dei seguenti temi:

- 1 I processi d'urto in meccanica classica. Si analizzino, sulla base dei principi della meccanica e con degli esempi d'urto tra punti e sistemi materiali, le condizioni in cui si conservano la quantità di moto ed il momento angolare.
2. Dall'atomo di Thomson all'atomo di Rutherford: si illustrino i fondamenti teorici e sperimentali che hanno portato all'attuale modello di struttura atomica.
3. L'induzione elettromagnetica: fenomeni di auto e mutua induzione tra circuiti.

Il candidato risolva tre a scelta dei seguenti esercizi:

1. Una tavola di massa $M=1$ Kg è posta in quiete su di un piano orizzontale senza attrito. Un blocchetto di massa $m=200$ g viene lanciato sulla tavola con velocità di modulo pari $V_0=3$ m/s e direzione parallela alla superficie della tavola. Il coefficiente d'attrito dinamico tra il blocchetto e la tavola vale $\mu_d=0.15$.
 - a) determinare la velocità del sistema blocchetto + tavola negli istanti successivi all'arresto del blocchetto rispetto alla tavola;
 - b) determinare lo spazio percorso dal blocchetto rispetto alla tavola prima di fermarsi rispetto alla tavola stessa.
2. Un condensatore, vuoto all'interno, a facce piane e parallele di forma circolare e raggio R , separate da una distanza d , è sottoposto ad una tensione variabile nel tempo pari a $V(t)=V_0 \sin \omega t$.
 - (a) Trascurando gli effetti di bordo, calcolare in funzione della posizione e del tempo il campo elettrico $\mathbf{E}(\mathbf{r}_i, t)$ all'interno del condensatore e la corrente di spostamento $I_s(t)$ in funzione dei parametri;
 - (b) calcolare in funzione della posizione e del tempo il campo d'induzione magnetica in qualsiasi punto all'interno $\mathbf{B}(\mathbf{r}_i, t)$ del condensatore.
3. Un elettrone si trova in uno stato descritto dalla seguente funzione d'onda:

$$\psi(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} (e^{i\phi} \sin \vartheta + \cos \theta) g(r)$$

dove $\int_0^\infty |g(r)|^2 r^2 dr = 1$ e θ e ϕ sono l'angolo polare ed azimutale. Determinare:

- a) i possibili risultati di una misura della componente L_z del momento angolare dell'elettrone in questo stato
 - b) la probabilità di ottenere ciascuno dei possibili risultati trovati in a).
4. Una sinusoide con frequenza 1KHz ha sovrapposto un segnale di frequenza 20 KHz. Definire il filtro piu' opportuno. Calcolare i parametri del filtro che garantiscano un buon rapporto segnale/rumore.

5. Due astronavi percorrono la stessa orbita circolare di raggio $R = 45.000 \text{ Km}$ attorno ad un pianeta di massa $M = 2 \cdot 10^{28} \text{ Kg}$. Le due astronavi si mantengono costantemente in punti dell'orbita opposti rispetto al centro del pianeta.

Una stella lontana si trova sul piano dell'orbita, ferma rispetto al pianeta, ed emette radiazione elettromagnetica. Calcolare la differenza in frequenza con cui osservatori nelle due astronavi misurano la componente a 600 nm della radiazione emessa, quando le due astronavi si trovano sulla direzione perpendicolare alla congiungente stella-pianeta e sulla direzione della congiungente stessa,

- a) utilizzando la teoria classica dell'effetto Doppler.
- b) Valutare le correzioni relativistiche al risultato precedente.

Compito n.3

Il candidato discuta sinteticamente uno dei seguenti temi:

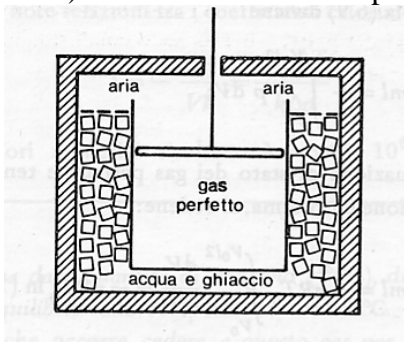
1. Primo e secondo principio della Termodinamica.
2. Interferenza di 'onde materiali' e dualità onda-corpuscolo.
3. Le equazioni cardinali per la dinamica del corpo rigido: illustrare esempi significativi di moti di corpi rigidi.

Il candidato risolva tre a scelta dei seguenti esercizi:

1. Un cilindro a pareti diatermiche è munito di un pistone scorrevole senza attrito, a perfetta tenuta e manovrabile dall'esterno. Esso contiene $n=10$ moli di gas perfetto. Il cilindro viene immerso in una miscela di acqua e ghiaccio posta in gran quantità in un recipiente a pareti adiabatiche, in equilibrio alla pressione atmosferica ed alla temperatura $t_0=0^\circ$ (vedi figura). A partire da uno stato iniziale di equilibrio, sul pistone vengono rapidamente posti dei pesi che aumentano la pressione esterna sul gas. Il nuovo equilibrio è raggiunto quando il gas occupa metà del volume iniziale. I pesi aggiunti vengono quindi tolti e si attende che il sistema ritorni in equilibrio.

Determinare:

- a) la massa di ghiaccio che si è sciolta nel processo;
- b) la variazione di entropia dell'intero sistema.



2. Una struttura a T, costituita di materiale metallico, di sezione trascurabile rispetto alla lunghezza dei lati, può ruotare attorno al suo asse che è posto in direzione verticale. Alle due estremità superiori, a distanza $L = 10\text{cm}$ dall'asse, sono fissati, a facce invertite, due specchietti piani di forma circolare di raggio $r = 1\text{cm}$ e massa $m = 20\text{ gr}$. La faccia a specchio riflette perfettamente la luce, mentre l'altra faccia è perfettamente assorbente.

Un fascio di luce monocromatica di intensità $I = 10^{-5}\text{ W/m}^2$, con vettore d'onda orizzontale, incide sulla struttura. Calcolare:

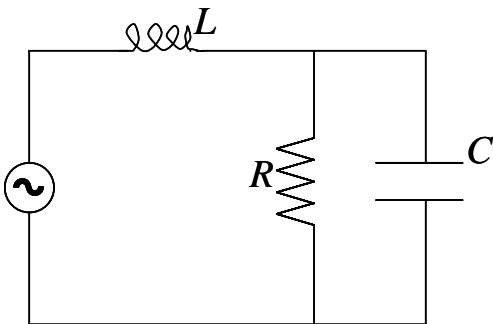
- a) il momento risultante delle forze esercitate sugli specchi in funzione dell'angolo θ che la normale al piano della struttura fa con la direzione di propagazione dell'onda luminosa;
- b) la velocità angolare acquistata dal sistema in $\theta = \pi/2$ rad se viene lasciato con velocità nulla in $\theta = 0$ rad (nel calcolo tenere conto che il raggio degli specchietti è piccolo rispetto alla distanza dall'asse e la loro massa è grande rispetto a quella della struttura metallica).

3. Una particella di massa m è vincolata a muoversi tra due sfere concentriche di raggi $r=a$ ed $r=b$. Il potenziale tra le due sfere è nullo. Determinare:

- a) l'energia dello stato fondamentale del sistema;
- b) la funzione d'onda normalizzata

4. Con riferimento al circuito in figura determinare:

- (a) l'impedenza equivalente Z_0 misurata ai capi della sorgente di forza elettromotrice;
- (b) l'angolo di fase ϕ di tale impedenza e per quale valore della frequenza angolare, ω , si ha che l'impedenza si riduce solo al contributo dell'induttanza.



5. Una particella radioattiva, con vita media $2 \cdot 10^{-6}$ s a riposo, si muove con velocità $v=0.6c$ nel sistema del laboratorio. Nel decadimento viene prodotta una particella stabile con velocità $0.9c$ nel sistema in cui la prima particella è a riposo, nella direzione e nel verso del moto della prima.

- a) Calcolare la distanza media percorsa nel sistema del laboratorio dalla prima particella;
- b) calcolare la velocità nel sistema del laboratorio della particella prodotta.