

COMPITO A

Svolgere **uno soltanto** a scelta fra i due temi di seguito proposti ed al **massimo tre**, a scelta, tra i quattro esercizi proposti. Indicare sui fogli **soltanto** la lettera e il numero del tema e degli esercizi scelti (es. Tema A.1, Esercizio A.3, etc.). Effettuare eventuali correzioni **incarcerando** il testo o le formule da cancellare ~~in questo modo~~. Ogni altro segno può costituire segno di riconoscimento e causare **l'annullamento del compito e l'esclusione dalla prova**.

È possibile utilizzare al **massimo i tre** fogli protocollo timbrati consegnati all'inizio della prova, che vanno riconsegnati **tutti e tre** alla fine della stessa, dentro la **busta grande bianca debitamente sigillata**, insieme alla **busta bianca piccola**, anch'essa debitamente sigillata, contenente il proprio **nome e cognome**. Il presente foglio va riconsegnato **separatamente** (fuori dalla busta grande). Non è possibile adoperare altri fogli. **Non è possibile ottenere ulteriori fogli protocollo.**

Non è consentito l'uso di libri e appunti. Non è altresì consentito l'uso di telefoni cellulari, computer, tablet e sistemi informatici. È consentito solo ed esclusivamente l'uso della calcolatrice. Qualunque violazione alle predette norme comporterà l'annullamento del compito e l'esclusione dalla prova.

Tempo massimo per lo svolgimento della prova (1 tema + max 3 esercizi): **3 ore**.

TEMA A.1

Esperimenti di interferenza e diffrazione di importanza storica per la nascita della fisica moderna e in particolare del concetto di dualismo onda-particella.

TEMA A.2

Discutere il concetto di riferimento inerziale e non inerziale illustrandolo con alcuni esempi specifici

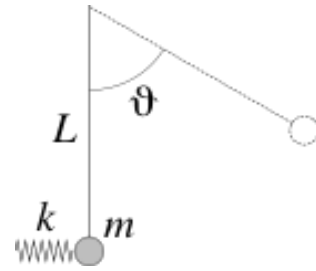
ESERCIZIO A.1

Un punto di massa m può muoversi su un piano verticale, vincolato ad un punto del piano mediante un filo ideale di lunghezza L . Il punto viene lasciato cadere, con velocità iniziale nulla, quando il filo forma l'angolo $\theta = \theta_0$ con la verticale e viene fermato nella posizione $\theta = 0$ mediante una molla ideale di costante elastica k , che si comprime della quantità d .

Conoscendo i valori di m , L e d , calcolare:

- la costante elastica della molla e la tensione del filo immediatamente dopo il lancio;
- la velocità del punto quando il filo forma l'angolo $\theta = \theta_1$ con la verticale le componenti normale e tangenziale della sua accelerazione, per $\theta = \theta_1$.

[valori numerici: $m=100\text{g}$; $L=50\text{cm}$; $d=1\text{cm}$; $\theta_0=45^\circ$; $\theta_1=30^\circ$]

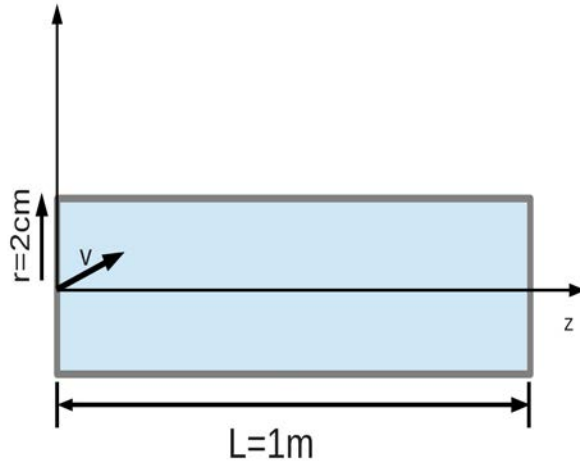


ESERCIZIO A.2

Considerare un solenoide a sezione circolare, di lunghezza $L=1\text{m}$ (lungo l'asse z), raggio 2 cm , con 100 spire/cm in cui circola una corrente di 1A .

Supponendo che una particella di carica $q=1\text{ }\mu\text{C}$ e massa $m=1\mu\text{g}$ entri nel solenoide con velocità 5m/s lungo l'asse z e 2 m/s lungo un asse perpendicolare all'asse z

- valutare il campo magnetico all'interno del solenoide trascurando gli effetti di bordo e giustificare come varia (se varia) la componente della velocità lungo l'asse z per effetto del campo magnetico.
- Se si trascurano gli effetti di bordo, calcolare la corrente minima che deve circolare nel solenoide affinché la particella riesca ad uscire dal solenoide senza urtarne i bordi.



ESERCIZIO A.3

Approssimando l'emissione di una lampada a filamento da 100 W come emissione da un corpo nero alla temperatura di 4000 K , trovare

- il numero di fotoni emessi al secondo (su metà angolo solido) per unità di superficie irradiante e
- stimare la frazione di essi emessa nella regione del visibile (si assumano come limiti di tale regione le lunghezze d'onda di 400 e 700 nm).

ESERCIZIO A.4

Si consideri il seguente potenziale:

$$U(x) = \begin{cases} 0, & \text{per } -a \leq x \leq a \\ +\infty, & \text{per } x < -a \vee x > a \end{cases}$$

- (a) Determinare autovalori e autofunzioni dell'energia.
- (b) Calcolare il prodotto $(\Delta x)(\Delta p)$ nello stato fondamentale e verificare il principio di indeterminazione.

COMPITO B

Svolgere **uno soltanto** a scelta fra i due temi di seguito proposti ed al **massimo tre**, a scelta, tra i quattro esercizi proposti. Indicare sui fogli **soltanto** la lettera e il numero del tema e degli esercizi scelti (es. Tema B.1, Esercizio B.3, etc.). Effettuare eventuali correzioni **incarcerando** il testo o le formule da cancellare ~~in questo modo~~. Ogni altro segno può costituire segno di riconoscimento e causare **l'annullamento del compito e l'esclusione dalla prova**.

È possibile utilizzare al **massimo i tre** fogli protocollo timbrati consegnati all'inizio della prova, che vanno riconsegnati **tutti e tre** alla fine della stessa, dentro la **busta grande bianca debitamente sigillata**, insieme alla **busta bianca piccola**, anch'essa debitamente sigillata, contenente il proprio **nome e cognome**. Il presente foglio va riconsegnato **separatamente** (fuori dalla busta grande). Non è possibile adoperare altri fogli. **Non è possibile ottenere ulteriori fogli protocollo.**

Non è consentito l'uso di libri e appunti. Non è altresì consentito l'uso di telefoni cellulari, computer, tablet e sistemi informatici. È consentito solo ed esclusivamente l'uso della calcolatrice. Qualunque violazione alle predette norme comporterà l'annullamento del compito e l'esclusione dalla prova.

Tempo massimo per lo svolgimento della prova (1 tema + max 3 esercizi): **3 ore**.

TEMA B.1

Discutere il moto di una particella in un campo elettrico e/o magnetico. Descrivere almeno una esperienza basata su tale moto.

TEMA B.2

Discutere il concetto di entropia in termodinamica classica e statistica

ESERCIZIO B.1

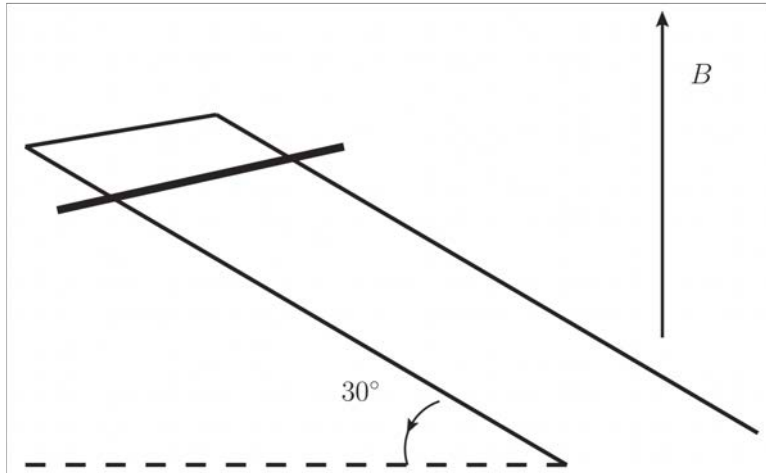
Un corpo puntiforme (da trattarsi classicamente) di massa m si muove lungo una traiettoria piana in modo tale che le sue coordinate x ed y siano, ad ogni istante, espresse da $x=x_0 \cos(\omega_1 t)$ e $y=y_0 \sin(\omega_2 t)$.

- Determinare le componenti F_x ed F_y della forza agente sul corpo. Sotto quale condizione questa forza è centrale?

- b) Determinare, in funzione di x e y , l'espressione dell'energia potenziale e dell'energia cinetica del corpo e dimostrare che l'energia meccanica totale del corpo è una costante del moto.

ESERCIZIO B.2

Due rotaie parallele sono poste su un piano inclinato che forma un angolo $\alpha=30^\circ$ rispetto all'orizzontale. Le rotaie sono poste ad una distanza di 10 cm l'una dall'altra, hanno resistenza trascurabile e sono collegate ad una estremità da un filo conduttore. Sulle rotaie può scorrere senza attrito una sbarretta conduttrice di massa $m=10\text{ g}$ e resistenza $R=0.1\Omega$. Il tutto è immerso in un campo magnetico $B=0.5\text{ T}$ diretto lungo la verticale.



Ad un certo istante la sbarretta viene lasciata libera di scivolare lungo le rotaie. Trascurando fenomeni di autoinduzione, determinare:

- La forza elettromotrice indotta nella sbarretta e la corrente indotta nel circuito formato dalle rotaie e dalla sbarretta in funzione della velocità della sbarretta stessa.
- La velocità limite, se esiste, della sbarretta nel suo moto di scivolamento e l'espressione della velocità della sbarretta in funzione del tempo.

ESERCIZIO B.3

Una radiazione di lunghezza d'onda pari a 4000 Å incide su un catodo di bario (lavoro di estrazione $W_0=2.5\text{ eV}$).

- Determinare la massima energia cinetica posseduta dagli elettroni per effetto fotoelettrico.
- Trovare il campo magnetico trasversale necessario per confinare gli elettroni ottenuti per effetto fotoelettrico, entro un cerchio di 20 cm di raggio.

ESERCIZIO B.4

Si consideri una particella di massa m immersa nel seguente potenziale

$$U(x) = K \delta(x) \quad (K < 0).$$

- (a) Si dimostri che esiste un solo stato legato.
- (b) Determinare l'energia e la funzione d'onda associata.

COMPITO C

Svolgere **uno soltanto** a scelta fra i due temi di seguito proposti ed al **massimo tre**, a scelta, tra i quattro esercizi proposti. Indicare sui fogli **soltanto** la lettera e il numero del tema e degli esercizi scelti (es. Tema C.1, Esercizio C.3, etc.). Effettuare eventuali correzioni **incarcerando** il testo o le formule da cancellare ~~in questo modo~~. Ogni altro segno può costituire segno di riconoscimento e causare **l'annullamento del compito e l'esclusione dalla prova**.

È possibile utilizzare al **massimo i tre** fogli protocollo timbrati consegnati all'inizio della prova, che vanno riconsegnati **tutti e tre** alla fine della stessa, dentro la **busta grande bianca debitamente sigillata**, insieme alla **busta bianca piccola**, anch'essa debitamente sigillata, contenente il proprio **nome e cognome**. Il presente foglio va riconsegnato **separatamente** (fuori dalla busta grande). Non è possibile adoperare altri fogli. **Non è possibile ottenere ulteriori fogli protocollo.**

Non è consentito l'uso di libri e appunti. Non è altresì consentito l'uso di telefoni cellulari, computer, tablet e sistemi informatici. È consentito solo ed esclusivamente l'uso della calcolatrice. Qualunque violazione alle predette norme comporterà l'annullamento del compito e l'esclusione dalla prova.

Tempo massimo per lo svolgimento della prova (1 tema + max 3 esercizi): **3 ore**.

TEMA C.1

Discutere, a paragone critico, i principi della meccanica classica e della meccanica relativistica.

TEMA C.2

Illustrare, sia da un punto di vista generale che con esempi specifici, le caratteristiche delle distribuzioni di Fermi-Dirac e Bose-Einstein. Descrivere, sia dell'una che dell'altra, applicazioni nei vari ambiti della fisica.

ESERCIZIO C.1

A causa del costante flusso di particelle provenienti dal sole ("vento solare"), che investe tutti i corpi del sistema solare, questi sono soggetti a un leggero "strofinio" continuo che conferisce loro una piccola carica negativa. A causa di questo fenomeno

vi è fra la Terra e la Luna una forza elettrostatica repulsiva, che tuttavia è tipicamente circa 10^{30} volte meno intensa della forza (attrattiva) gravitazionale. Sapendo che la massa della Terra è di 6.0×10^{24} kg e che la massa della Luna è 0.012 volte più piccola di quella della Terra e assumendo approssimativamente che la quantità di carica conferita dal vento solare alla Terra e alla Luna sia la stessa, stimare il valore di tale carica.

ESERCIZIO C.2

- (a) Determinare l'espressione della f.e.m. indotta sinusoidale generata da una turbina costituita da una bobina circolare fatta di un filo di rame lungo 100 m, avvolto a formare spire del diametro di 10 cm, che viene fatta ruotare 50 volte al secondo in un campo magnetico di 0.31847 Tesla.
- (b) Determinare l'espressione della corrente alternata sinusoidale che scorre a regime in una stufa alimentata con tale f.e.m., costituita da un filo di fibra di carbonio, avvolto a formare un resistore a forma di solenoide, lungo 30 cm e con area delle spire pari a 5cm^2 .

Il carbonio ha resistività $3.5 \times 10^{-5} \Omega\text{m}$. Entrambi i fili (di rame e di carbonio) hanno sezione circolare con raggio di 1mm. I fili di collegamento hanno resistenza trascurabile rispetto a quella della stufa.

ESERCIZIO C.3

Un filamento emette radiazione che ha una lunghezza d'onda massima $\lambda_{\text{Max}} = 15000 \cdot 10^{-8}$ cm. Considerando di approssimare il filamento con un corpo nero, determinare

- (a) il valore massimo della densità spettrale (suggerimento: l'equazione trascendente $x=5(1-e^{-x})$ ha soluzione per $x \sim 4.965$)
- (b) la temperatura del filamento.

ESERCIZIO C.4

Una particella di massa m è in moto unidimensionale sotto l'influenza di un potenziale $V(x)$. Si supponga che essa sia in un autostato energetico descritto dalla funzione d'onda $\psi(x) = (\gamma^2/\pi)^{1/4} \exp(-\gamma^2 x^2/2)$ con energia $E = \gamma^2 \hbar^2 / 8\pi^2 m$.

- a) Determinare il valore medio della posizione e dell'impulso della particella.
- b) Determinare $V(x)$.