

**Esame di Ammissione al Dottorato di Ricerca in Fisica**  
**XXIX Ciclo – 3 febbraio 2014**  
**Prova n. 3**

Il candidato svolga uno dei tre temi e risolva due dei quattro esercizi proposti. Contenere il tema entro 3 facciate di foglio protocollo.

**TEMI**

1. L'interazione della radiazione con la materia è utilizzata in campi disparati quali, ad esempio, lo studio delle proprietà della materia, i rivelatori, la ricerca di nuove particelle. Il candidato descriva in dettaglio l'interazione della radiazione con la materia in un ambito a sua scelta.
2. Il candidato descriva in modo critico la misura di una grandezza fisica fondamentale a sua scelta, discutendo le possibili fonti di errore e l'accuratezza raggiungibile.
3. Il candidato discuta l'effetto Doppler sia classico che relativistico e ne illustri un'applicazione in uno specifico settore di competenza.

**ESERCIZI**

**ESERCIZIO N° 1**

Un disco omogeneo di massa  $m_D = 1.0$  kg e raggio  $R = 1.0$  m può ruotare intorno a un asse orizzontale passante per il suo centro come illustrato in figura 1. L'asse è incernierato a due supporti che presentano un momento di attrito complessivo  $M_a = 0.10$  Nm. Una pallina di massa  $m_p = 100$  g cadendo da un'altezza  $h$  urta il disco a una distanza  $R/2$  dall'asse di rotazione. Il disco inizia a ruotare e si ferma dopo aver effettuato  $3/4$  di giro intorno all'asse. Il momento d'inerzia del disco rispetto all'asse di rotazione è  $I = m_D R^2/4$ .

- Calcolare il valore dell'altezza  $h$  da cui è caduta la pallina nel caso di urto perfettamente anelastico.
- Assumendo l'altezza  $h$  calcolata nel punto precedente, si valuti la velocità angolare iniziale del disco nel caso di urto perfettamente elastico.

**ESERCIZIO N° 2**

Il funzionamento di un motore a turbina di un jet può essere descritto con un ciclo termodinamico ideale di Brayton. Il ciclo consiste in due trasformazioni adiabatiche (la compressione e l'espansione del gas nella turbina) e due trasformazioni isobare di un gas perfetto come riportato in figura 2. Viene ceduto al gas calore  $Q_+$  durante il processo di combustione ( $2 \rightarrow 3$ ) e assorbito  $Q_-$  in uno scambiatore durante il processo di raffreddamento ( $4 \rightarrow 1$ ), entrambi a pressione costante. Il ciclo di Brayton è descritto dal rapporto di compressione  $r_p = p_{max}/p_{min} = p_2/p_1$ , che costituisce l'unico parametro utile per esprimere il rendimento  $\eta$  di questo motore a turbina. Calcolare:

- l'espressione del rendimento  $\eta$  in funzione di  $r_p$ ;

- il valore di  $\eta$  per un motore di Brayton che usa un gas perfetto biatomico con  $r_p = 10$ .

### ESERCIZIO N° 3

Una sorgente di luce di lunghezza d'onda  $\lambda = 480$  nm incide ortogonalmente su una superficie su cui sono presenti tre fenditure di larghezza trascurabile distanti  $d = 5$  mm. Su uno schermo a distanza  $D = 2$  m viene osservata la figura di interferenza prodotta. Calcolare:

1. l'espressione della interferenza da tre fenditure e gli angoli a cui si trovano le frange scure;
2. la posizione della prima frangia scura sullo schermo rispetto al centro.

### ESERCIZIO N° 4

Un elettrone sia soggetto ad un potenziale di oscillatore armonico  $U(r) = 1/2m\omega^2r^2$ , dove  $m$  è la massa della particella. Gli autostati  $\psi_{nlm}$  sono caratterizzati dal numero quantico radiale  $n = \{0, 1, 2, \dots\}$ , dal momento angolare orbitale  $l$ , e dalla sua proiezione  $m$ . La loro energia è data da

$$E_{nl} = \left(N + \frac{3}{2}\right) \hbar\omega = \left(2n + l + \frac{3}{2}\right) \hbar\omega. \quad (1)$$

Autostati con lo stesso valore di  $N$  sono quindi degeneri in energia. Introduciamo nel potenziale un termine  $V(r) = V_0 \frac{1}{r} \frac{dU(r)}{dr} \vec{l} \cdot \vec{s}$ , dove  $V_0 < 0$  e  $\vec{s}$  è lo spin dell'elettrone.

- Mostrare come questo termine rimuove la degenerazione;
- Esemplificare il punto precedente nel caso degli stati con  $N = 2$ .

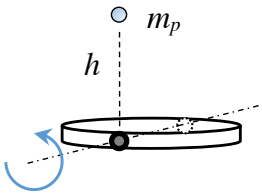


Figura 1

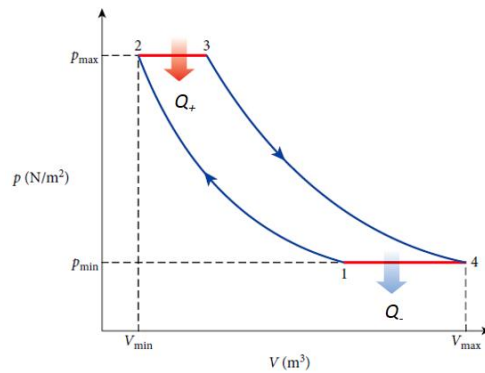


Figura 2