

## XI Ciclo - a.a. 1995/96

### Tema n.1

Domanda 1] Lo stato fondamentale dell'atomo di idrogeno consiste di un doppietto di livelli separati per la debole interazione iperfine tra l'elettrone e lo spin ( $I = 1/2$ ) del protone.

- a) Dare la classificazione dei due livelli in termini dei numeri quantici  $L$ ,  $S$ ,  $J$  e  $F$  (dove  $F = J+I$  e' il momento angolare totale).
- b) I livelli eccitati mostrano una separazione analoga, anche se di entita' minore. Si consideri la transizione di dipolo elettrico dallo stato fondamentale al primo stato eccitato  $P_{3/2}$  : in quante componenti si suddivide per effetto della interazione iperfine?
- c) Come si suddivide la analoga transizione dal fondamentale allo stato  $P_{3/2}$  nel caso dell'atomo di cesio, che ha spin nucleare  $I = 7/2$  ?

Domanda 2] Si consideri un interferometro di Michelson illuminato da una sorgente monocromatica e si immagini di osservare le frange di interferenza su di uno schermo posto perpendicolarmente all'asse ottico di uscita.

- a) Calcolare l'intensita' luminosa al centro dello schermo in funzione della differenza di cammino ottico tra i due bracci dell'interferometro.
- b) Si supponga ora che l'interferometro sia illuminato da una lampada al sodio. Uno degli specchi viene lentamente spostato e l'intensita' delle frange viene registrata in funzione della posizione dello specchio mobile. Con questo metodo si vuole misurare la separazione del doppietto giallo di struttura fine del sodio ( $\lambda_1 = 589.6$  nm,  $\lambda_2 = 589.0$  nm) : calcolare la lunghezza minima che deve percorrere lo specchio (si puo' supporre, per semplicita', che l'intensita' delle due righe sia la stessa).

Domanda 3] Si vuole costruire un circuito logico che decodifica due segnali di ingresso,  $A$  e  $B$ , per selezionare quattro linee di uscita (decodificatore di indirizzi). Si assegni convenzionalmente a ciascuna uscita un indirizzo compreso tra 0 e 3 : lo scopo del circuito e' quello di fornire un "uno" logico sulla uscita il cui indirizzo (in codice binario) e' dato dai segnali  $A, B$  di ingresso, mentre tutte le altre uscite devono fornire uno "zero" logico.

- a) Scrivere la tavola di verita' corrispondente alla funzione sopra descritta.
- b) Disegnare lo schema di un circuito che realizzi la funzione richiesta usando solo porte logiche NOR.
- c) Indicare come si possa usare il decodificatore di indirizzi per costruire un circuito piu' complesso, capace di inviare un segnale logico  $S$  ad una, ed una sola, di quattro linee di uscita, quella selezionata dai segnali  $(A, B)$ .

Domanda 4] Elencate gli esperimenti principali che sostengono la teoria della relativita' ristretta, indicando per ciascuno di essi quali aspetti (tempi, lunghezze,  $c$ , ...) vengono verificati. Descrivete molto brevemente e schematicamente uno di questi esperimenti, a vostra scelta, discutendo quali sono gli elementi piu' critici e delicati.

### Tema n.2

Domanda 1] Si consideri un sistema quantistico costituito da due oscillatori armonici uguali accoppiati da una perturbazione. L'hamiltoniana del sistema e' :  $H = (p_1^2 / m + m \omega^2 x_1^2 + p_2^2 / m + m \omega^2 x_2^2) / 2 + a x_1 x_2$

- a) Determinare l'energia e la degenerazione dei livelli in assenza di perturbazione ( $a = 0$ ).
- b) Calcolare al primo ordine non nullo in  $a$  lo spostamento dei due livelli energetici piu' bassi.

Domanda 2] Si consideri una particella di massa di quiete  $m$  ed impulso  $p$  che decade in due fotoni, la cui distribuzione angolare e' isotropa nel sistema di quiete della particella. Si determini, nel sistema del laboratorio :

- a) l'angolo minimo tra le direzioni dei due fotoni

- b) l'energia massima e minima dei fotoni e
- c) la loro distribuzione in energia

Domanda 3] Si vuole realizzare un amplificatore che abbia un guadagno in tensione  $A_v=+40$  alla frequenza di 1 kHz, usando un amplificatore operazionale integrato.

- a) Disegnare lo schema del circuito e indicare le possibili resistenze da impiegare.
  - b) Si osserva che in tale configurazione il circuito ha una banda passante di 250 kHz. Quale banda passante ci si deve aspettare in un circuito che impiega lo stesso amplificatore integrato in una configurazione con guadagno  $A_v=100$ ?
  - c) Disegnare lo schema del circuito per un amplificatore differenziale con guadagno  $A_v=100$ .
- Domanda 4] Alcuni anni fa e' stato abolito il campione primario di lunghezza e oggi le misure di lunghezza si basano sul valore predefinito di  $c = 299\,792\,458$  m/sec. Si discutano molto brevemente e schematicamente i presupposti teorici e sperimentali di questa decisione e se ne spieghi il significato operativo per le misure di precisione.

### Tema n.3

Domanda 1] Si consideri l'atomo di  $^{87}\text{Rb}$ : esso possiede un solo elettrone nel guscio piu' esterno e la sua struttura elettronica e' quella tipica degli alcalini. Lo stato fondamentale consiste di un doppietto di livelli separati per la debole interazione iperfine tra l'elettrone e lo spin ( $I = 3/2$ ) del nucleo.

- a) Dare la classificazione dei due livelli in termini dei numeri quantici L, S, J e F (dove  $F = J+I$  e' il momento angolare totale).
- b) L'atomo, nel suo stato fondamentale, viene sottoposto ad un debole campo magnetico statico B. L'hamiltoniana di interazione col campo e' data da:  $H = m_0 g_J J B + m_0 g_I I B$  dove  $m_0$  e' il magnetone di Bohr,  $g_J$  e  $g_I$  sono i fattori giromagnetici elettronico e nucleare. Calcolare al primo ordine perturbativo lo spostamento di energia dei livelli  $|F, M\rangle$  autostati dell'hamiltoniana imperturbata e del momento angolare totale.
- c) Sapendo che  $m_0$  vale circa 1.4 MHz/gauss e la separazione dei livelli iperfini circa 6800 MHz, discutere per quali valori del campo il calcolo al primo ordine e' sufficientemente accurato.

Domanda 2] Si dispone di un reticolo di diffrazione dotato di 600 linee/mm; l'area incisa e' un quadrato di 30 mm di lato.

- a) Determinare la massima lunghezza d'onda a cui puo' essere impiegato come strumento spettroscopico.
- b) Spiegare se e' possibile, mediante tale reticolo, risolvere la separazione del doppietto giallo di struttura fine del sodio ( $\lambda_1 = 589.6$  nm,  $\lambda_2 = 589.0$  nm).
- c) Tenendo presente i vari ordini di diffrazione, quanto e' il massimo potere risolvete che e' possibile ottenere usando detto reticolo alla lunghezza d'onda di 1 micron?

Domanda 3] Una particella P1 si ferma in un rivelatore, che emette un segnale, e decade quindi in due particelle P2 e P3. La particella P2 decade a sua volta in volo senza avere perso energia ed il suo decadimento produce un secondo segnale. Si suppongano note le vite medie e le masse delle tre particelle nei loro sistemi di quiete. Si determini:

- a) l'energia di P2 nel laboratorio;
- b) la probabilita' che P2 viva un tempo almeno uguale a  $t$ , misurato nel laboratorio, prima di decadere;
- c) la distribuzione degli intervalli di tempo tra i due segnali menzionati.

Domanda 4] Elencate molto brevemente e schematicamente i fatti sperimentali che hanno portato alla crisi della fisica classica e alla introduzione della meccanica quantistica, focalizzando l'attenzione su uno di questi.

---