

TEST SCRITTO

1. Un elettrone si muove nel verso positivo dell'asse  $X$ . Per  $x < 0$  il moto è libero (il potenziale è nullo) e si osserva che la velocità dell'elettrone è  $v = 10^6$  m/s; a partire da  $x = 0$  si trova un gradino di potenziale costante  $V_0 = 3$  eV, che si estende fino a  $x \rightarrow \infty$ . Quanto vale, come ordine di grandezza, la lunghezza di penetrazione  $L$  dell'elettrone nel semiasse  $x > 0$ ?  
 $L \sim \dots\dots\dots$  nm
2. Un elettrone si trova confinato all'interno di una buca di potenziale infinita (unidimensionale) di larghezza  $a = 1$  nm. Qual è, approssimativamente, la lunghezza d'onda  $\lambda$  del fotone che viene emesso quando l'elettrone compie una transizione dal livello  $n = 2$  al livello fondamentale?  
 $\lambda \sim \dots\dots\dots$  nm
3. Quanto vale, come ordine di grandezza, il quanto di energia  $E$  di un pendolo di lunghezza  $L = 1$  m che compie piccole oscillazioni in un piano verticale?  
 $E \sim \dots\dots\dots$  eV
4. Un laser a  $\text{CO}_2$  funziona in modalità continua emettendo una potenza  $P = 100$  W. Quanto vale il flusso di fotoni  $F$  che vengono emessi?  
 $F = \dots\dots\dots$  fotoni/s
5. Un corpo nero si trova in equilibrio termico alla temperatura  $T = 3000$  K. Quanto vale, come ordine di grandezza, la densità di energia elettromagnetica  $u$  nel (piccolo) intervallo di frequenze di larghezza  $\Delta\nu = 1$  GHz a partire dal valore  $\nu = 10^{14}$  Hz? Quanto vale, approssimativamente, la lunghezza d'onda di picco  $\lambda_p$  dello spettro di emissione?  
 $u = \dots\dots\dots$  J/m<sup>3</sup>  
 $\lambda_p = \dots\dots\dots$   $\mu\text{m}$
6. Un vapore a bassa densità è costituito da atomi di sodio che assorbono radiazione a lunghezza d'onda  $\lambda = 589$  nm. La vita media  $\tau$  di un campione di questi atomi è  $\tau = 16$  ns (si intende, vita media per emissione spontanea, trascurando ogni forma di allargamento). Quanto vale il coefficiente di Einstein  $B$  per la transizione considerata?  
 $B \sim \dots\dots\dots$  m<sup>3</sup>/(J s<sup>2</sup>)

7. Un sistema a due livelli (1,2) non degeneri che ha risonanza a  $E = 1$  eV presenta un'intensità di saturazione  $I_s = 10$  mW/cm<sup>2</sup>. Questo sistema si trova inizialmente all'equilibrio termico a temperatura ambiente e quindi viene irraggiato con radiazione risonante di intensità  $I = 20$  mW/cm<sup>2</sup>. Quanto vale la differenza di popolazione  $\Delta N = N_2 - N_1$  che si raggiunge in condizioni stazionarie? (Supponete normalizzata a 1 l'intera popolazione)

$\Delta N \sim$  .....

8. La cavità a specchi piani paralleli di un laser Nd:YAG che opera in armonica fondamentale è costituita da uno specchio di riflettività pressoché totale e da uno specchio di uscita con riflettività  $r = 0.98$ . La distanza tra gli specchi è  $L = 5$  cm. Quanto vale il free spectral range  $\Delta \nu_{fsr}$  della cavità? Supponendo trascurabili altre perdite (ad esempio, quelle per diffrazione), quanto valgono, come ordine di grandezza, il fattore di qualità ottica  $Q$  della cavità, la vita media  $\tau$  di un fotone nella cavità e la larghezza di riga  $\Delta \nu_L$  dell'emissione laser? [Considerate pari a 1 l'indice di rifrazione del mezzo contenuto nella cavità]

$\Delta \nu_{fsr} =$  ..... GHz

$Q \sim$  .....

$\tau \sim$  ..... ns

$\Delta \nu_L \sim$  ..... GHz

9. La cavità di un laser HeNe è di tipo confocale e realizzata con due specchi semisferici con raggio di curvatura  $R = 20$  cm. Quanto vale approssimativamente la dimensione trasversale  $w_0$  del fascio (il waist) al centro (punto di mezzo) della cavità? Quanto vale il free spectral range  $\Delta \nu_{fsr}$  di questa cavità? [Supponete che la cavità sia stata realizzata in modo "perfetto"]

$w_0 \sim$  ..... mm

$\Delta \nu_{fsr} =$  ..... GHz

10. La cavità di un laser ad Ar<sup>+</sup> (linea di emissione  $\lambda_L = 488$  nm) contiene al suo interno un etalon Fabry-Perot, costituito da una lastra di quarzo (indice di rifrazione  $n = 1.5$ ) spessa  $L = 1$  cm, le cui superfici (tutte e due quelle interessate dalla radiazione) hanno una riflettività  $r = 0.99$  alla lunghezza d'onda di interesse e formano un angolo  $\theta = \pi/4$  rispetto alla direzione di propagazione della luce laser. Quanto vale la finezza  $F$  dell'etalon? Quanto vale, come ordine di grandezza, la separazione  $\Delta \lambda$  tra due modi consecutivi trasmessi dall'etalon? Quanto vale, sempre come ordine di grandezza, la larghezza di riga di emissione del laser  $\delta \lambda$ ? Ed espressa in termini di frequenza, quanto vale la larghezza di emissione  $\delta \nu$ ?

$F \sim$  .....

$\Delta \lambda \sim$  ..... pm

$\delta \lambda \sim$  ..... pm

$\delta \nu \sim$  ..... MHz

11. Un laser HeNe ha una larghezza di riga  $\delta\nu = 5$  MHz. Quanto vale la lunghezza di coerenza  $L_C$  (misurata nel vuoto)? Inoltre si sa che la superficie di emissione vale  $A_S = 1 \text{ mm}^2$  (determinata dal waist della cavità, confocale, di cui è munito il laser). Quanto vale il volume di coerenza  $V_C$  alla distanza  $r = 1$  m dal laser? E quanto alla distanza  $r' = 100$  m dal laser?

$$L_C \sim \dots\dots\dots \text{ m}$$

$$V_C \sim \dots\dots\dots \text{ m}^3$$

$$V'_C \sim \dots\dots\dots \text{ m}^3$$

12. Un laser Nd:YAG impulsato che opera in seconda armonica emette impulsi di durata  $\tau_L = 5$  ns e frequenza di ripetizione  $f_L = 1$  kHz. La sua potenza media è  $P_M = 1$  kW. Supponendo che l'impulso temporale abbia una forma "rettangolare", quanto vale la potenza di picco  $P_p$  di ogni impulso? Supponendo che la radiazione venga completamente assorbita da un certo materiale, quanto vale la forza media  $F_M$  impartita dall'impulso laser al materiale stesso?

$$P_p = \dots\dots\dots \text{ MW}$$

$$F_M = \dots\dots\dots \text{ N}$$

13. Un laser che funziona in "mode-locking" sfrutta un mezzo attivo la cui curva di guadagno ha larghezza  $\Delta\nu_G = 10^{12}$  Hz, posto in una cavità a specchi piani paralleli di lunghezza  $L = 1.5$  m. Quanto valgono, come ordine di grandezza, la frequenza di ripetizione  $f_L$  e la durata minima dell'impulso  $\tau_L$ ?

$$f_L \sim \dots\dots\dots \text{ Hz}$$

$$\tau_L \sim \dots\dots\dots \text{ s}$$

Nome e cognome: .....

Dottorato: .....

Nota: cercate di rispondere ad almento 7 quesiti.