

TEST SCRITTO DI FINE CORSO

1. Un fascio di luce monocromatico è composto da componenti di Fourier che hanno lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 600 nm e 660 nm. Quanto vale, all'incirca, la lunghezza ΔL del pacchetto d'onda formato da tale radiazione? [Esprimete la "lunghezza minima" del pacchetto, supponendo che esso sia al limite del principio di indeterminazione] $\sim 600 \text{ nm}$ [Per il principio di indeterminazione è, al minimo, $\Delta L \Delta k = \frac{1}{2}$. D'altra parte si ha $\Delta k/k = \Delta \lambda/\lambda \sim 0.1$, per cui $\Delta k = 0.1 k = 0.1 2\pi/\lambda$, da cui la soluzione]
2. Un metallo ha densità $n = 10^{23}$ elettroni/cm³. Quanto vale come ordine di grandezza la sua frequenza (pulsazione) di plasma ω_p ? $\sim 10^{16} \text{ rad/s}$ [Dalla definizione si ha $\omega_p = (n e^2 / (m \epsilon_0))^{1/2}$, con m massa dell'elettrone. Usando i valori numerici e ponendo la debita attenzione sulle corrette trasformazioni in unità di misura "coerenti" fra loro si ottiene la soluzione]
3. Un campione di materiale dielettrico di lunghezza $L = 10 \text{ mm}$ viene illuminato con radiazione laser a incidenza normale. La lunghezza d'onda del laser è scelta in modo da essere risonante con una transizione del materiale, che, per le condizioni dell'esperimento, presenta un coefficiente di assorbimento (di ampiezza) $\alpha = 2 \text{ cm}^{-1}$. Sapendo che la potenza del laser incidente vale $P_0 = 3 \text{ mW}$, quanto vale la potenza "in uscita" (dopo che il fascio laser ha attraversato l'intera lunghezza del campione)? $\sim 55 \mu\text{W}$ [L'ampiezza dell'onda all'interno del materiale subisce l'attenuazione data da $E(z) = E_0 e^{-\alpha z}$, dove si è indicata con E_0 l'ampiezza incidente (nella posizione $z = 0$) e si è supposta propagazione lungo l'asse Z . Visto il legame quadratico tra potenza e ampiezza del campo, si ha $P(z) = P_0 e^{-2\alpha z}$. Calcolando l'esponenziale per $z = L$ si ha la risposta]
4. Un laser HeNe emette un fascio, nel rosso, di potenza $P = 31 \text{ mW}$. Quanto vale il numero N di fotoni emessi al secondo? 10^{20} [La riga di emissione del laser HeNe è a $\lambda = 632.8 \text{ nm}$. Ogni fotone trasporta un'energia $E_{\text{fot}} \sim 1240/632.8 = 1.96 \text{ eV} = 3.14 \times 10^{-19} \text{ J}$. Si ha dunque $N = P/E_{\text{fot}}$, da cui la soluzione]
5. A quale lunghezza d'onda λ_{MAX} è approssimativamente piccata l'emissione del corpo umano? $9.3 \mu\text{m}$ [Il corpo umano può essere approssimato con un corpo nero (o

grigio, per essere più precisi) in equilibrio termico a temperatura $T = 310$ K. Per la “legge di spostamento” di Wien si ha $\lambda_{MAX}T \sim 2.9$ mm K, da cui la soluzione]

6. Un laser Ar^+ sintonizzato sulla riga a 514 nm emette una potenza $P = 10$ W. Quanto vale la lunghezza d’onda di de Broglie λ_{dB} dei fotoni emessi? [Attenti...] 514 nm [Beh, ovviamente nella descrizione corpuscolare e ondulatoria la lunghezza d’onda deve rimanere la stessa...]
7. Un laser Ti:Sa che opera alla lunghezza d’onda $\lambda = 800$ nm viene usato per ionizzare un campione di idrogeno atomico eccitato al livello $n = 2$. Quanto vale il numero minimo di fotoni N che devono essere assorbiti dagli atomi affinché sia possibile il processo di ionizzazione? 3 [L’energia del livello $n = 2$ dell’idrogeno si trova a un’energia $E_{ion} = -13.6/n^2 = -3.4$ eV sotto al livello del continuo. Nella ionizzazione è necessario colmare almeno tale gap di energia. L’energia del fotone del laser vale $E_{fot} \sim 1240/\lambda = 1.55$ eV. Quindi per la conservazione dell’energia è necessario che nel processo siano coinvolti almeno 3 fotoni]
8. Il mezzo attivo di un laser che emette alla lunghezza d’onda $\lambda = 600$ nm e che può essere descritto come un sistema a due livelli è pompato con radiazione risonante di intensità $I = I_{SAT}/2$, con I_{SAT} intensità di saturazione della transizione considerata. Quanto vale, in condizioni stazionarie, la differenza di popolazione $\Delta N = N_2 - N_1$? [Supponete che il mezzo attivo si trovi a temperatura ambiente e normalizzate a uno l’intera popolazione] -2/3 [La relazione tra differenza di popolazione e intensità in un sistema a due livelli recita $\Delta N = \Delta N^0 / (I/I_{SAT} + 1)$. Notando che, essendo il sistema a temperatura ambiente e tenendo conto che la differenza di energia tra i livelli è molto maggiore dell’energia termica, si ha $\Delta N^0 \sim -1$, si ha la soluzione]
9. La cavità risonante di un laser a CO_2 ha lunghezza $L = 50$ cm ed è costituita da uno specchio perfettamente riflettente e uno specchio con riflettività $r = 0.70$. Quanto vale, approssimativamente, il fattore di qualità Q della cavità stessa? [Il laser lavora alla lunghezza d’onda più comune per il mezzo attivo CO_2] 10^6 [Dalla definizione di fattore di qualità si ha $Q = 2\pi (L/\lambda)/(1-r)$, da cui, ricordando che $\lambda = 10.6$ μm , la soluzione]
10. Un laser Ar^+ che lavora sulla riga $\lambda = 488$ nm ha una cavità risonante confocale, perfettamente allineata e realizzata con due specchi sferici con raggio di curvatura $R = 50$ cm. Quanto vale approssimativamente il waist w_0 del fascio all’interno della cavità? 0.2 mm [Per una cavità confocale “perfetta”, cioè con specchi perfettamente allineati e posti a distanza opportuna, il waist si forma a metà della cavità stessa e ha un’estensione trasversale $w_0 = (\lambda R/2\pi)^{1/2}$, da cui la risposta]

11. La cavità di un laser a diodo che opera a $\lambda = 635 \text{ nm}$ può essere schematizzata come costituita da due specchi piani paralleli posti a una distanza $L = 15 \text{ }\mu\text{m}$ l'uno dall'altro. Quanto vale, in unità di lunghezza d'onda, la separazione $\Delta\lambda$ tra due modi longitudinali sostenuti dalla cavità? [Supponete che la distanza espressa sia in cammino ottico, ovvero che l'indice di rifrazione del mezzo attivo sia unitario] **13 nm [Il free-spectral range, espresso un unità di frequenze, è $\Delta\nu = c/(2L)$. Tenendo conto della relazione tra frequenza e lunghezza d'onda, si ha $\Delta\lambda = \lambda \Delta\nu/\nu = \lambda^2 \Delta\nu/c$, da cui la soluzione]**
12. Il fascio di un laser a eccimeri XeCl ha una divergenza di 10 mrad e una sezione di 10 mm. Quanto vale, come ordine di grandezza, il fattore M^2 per tale laser? **10^3 [Per definizione il fattore M^2 rappresenta il rapporto tra il BPP del fascio e la grandezza λ/π . Il BPP non è altro che il prodotto di sezione per divergenza, da cui, ricordando che per il laser XeCl si ha $\lambda = 308 \text{ nm}$, la soluzione]**
13. Un laser a diodo, che opera alla lunghezza d'onda $\lambda = 800 \text{ nm}$ e ha larghezza di riga $\Delta\nu = 500 \text{ MHz}$, viene usato in un esperimento di interferenza alla Michelson. Quanto vale, come ordine di grandezza, la massima differenza di cammino ottico che consente di registrare un interferogramma "leggibile" (cioè con contrasto sufficiente)? [Immaginate di operare nel vuoto, cioè in un mezzo con indice di rifrazione unitario] **1 cm [La lunghezza di coerenza per il laser considerato vale $L_c = c/(2\pi\Delta\nu) \sim 10 \text{ cm}$. Se la differenza di cammino ottico tra i due fasci che interferiscono si avvicina a tale lunghezza non si ha più interferenza. Ragionevolmente la massima differenza di cammino ottico sarà una frazione della lunghezza di coerenza, pari, ad esempio, a $L_c/10$]**

Nome e cognome:

Dottorato:

Nota: cercate di rispondere ad almento 7 quesiti.