

### Registro delle lezioni

1. 30/06/08 15.30-16.00 (aula A13): introduzione al corso e alle modalità di svolgimento; ambito della tematica, obiettivi principali, metodologie. Generalità sui laser, spettro di interesse.
2. 30/06/08 16.00-17.00 (aula A13): richiami di ottica ondulatoria: equazione d'onda e funzione d'onda armonica, piana, progressiva, monocromatica. Trasporto di potenza attraverso onde elettromagnetiche, carattere trasversale della perturbazione. Caratteristiche della radiazione laser: brillantezza, coerenza spaziale e temporale; monocromaticità e commenti (principio di indeterminazione).
3. 30/06/08 17.00-17.50 (aula A13): generalità sulla descrizione classica e quantistica; descrizione della radiazione in termini corpuscolari. Fotoni: energia, quantità di moto, momento angolare per un fotone singolo; flusso di fotoni ed esempi.
4. 01/07/08 15.15-16.00 (aula A13): descrizione classica dell'interazione radiazione/materia; modello di Thomson per la polarizzabilità atomica ed estensione a materiali dielettrici polarizzabili; approssimazione di dipolo.
5. 01/07/08 16.00-17.00 (aula A13): modello di Lorenz dell'elettrone legato elasticamente e smorzato; origine viscosa dello smorzamento; soluzione nel caso di oscillazione forzata; espressione della dipendenza temporale del momento di dipolo, legame con grandezze macroscopiche e campo di polarizzazione.
6. 01/07/08 17.00-17.50 (aula A13): condizioni di risonanza e forma di riga della polarizzazione; costante dielettrica immaginaria, assorbimento e dispersione; forma di riga Lorentziana dell'assorbimento e conseguenze energetiche; discussione degli argomenti trattati.
7. 07/07/08 15.20-16.00 (aula A23): rifrazione ed assorbimento in termini classici; necessità di trattazione quantistica; generalità sulle sorgenti di radiazione non coerenti; equilibrio termodinamico tra radiazione e materia: il problema del corpo nero.
8. 07/07/08 16.00-17.00 (aula A23): cavità risonante chiusa da specchi riflettori: riflessione, condizioni al contorno, modi longitudinali e quantizzazione; analogia con buca di potenziale e con moto di particella quantistica: lunghezza d'onda di de Broglie e legame con vettore d'onda; densità degli stati quantistici nella cavità.
9. 07/07/08 17.00-17.45 (aula A23): energia del modo fotonico; distribuzione quantistica dei fotoni (statistica di Bose-Einstein); distribuzione della densità di energia del corpo nero, spettro del corpo nero; picco di emissione (legge di spostamento di Wien); energia elettromagnetica totale (legge di Stefan-Boltzmann); discussione degli argomenti trattati.
10. 08/07/08 15.10-16.00 (aula A23): sistemi quantistici: descrizione probabilistica, funzioni d'onda; esempio: atomo di idrogeno e sistemi complessi; generalità sulla conservazione dell'energia, della quantità di moto, del momento angolare: transizioni permesse e proibite, regole di selezione di dipolo elettrico.
11. 08/07/08 16.00-17.00 (aula A23): cenni sulla trattazione Hamiltoniana dei sistemi quantistici in approssimazione semiclassica: operatori; ampiezza di probabilità e probabilità di transizione; cenni sulla derivazione della regola d'oro di Fermi per campi periodici oscillanti.
12. 08/07/08 17.00-17.35 (aula A23): rate di transizione indipendente dal tempo ed equazioni di bilancio per la popolazione in un sistema a due livelli; assorbimento, emissione spontanea,

- emissione stimolata in sistema quantistico; principio del bilancio dettagliato (approccio di Einstein) e soluzione stazionaria delle equazioni di bilancio.
13. 14/07/08 15.10-16.00 (aula B24): vita media di fluorescenza di un campione eccitato; coefficienti di Einstein per emissione spontanea (A) e stimolata e assorbimento (B); relazione tra B ed A; densità dei modi di radiazione termica (corpo nero); assorbimento ed amplificazione della radiazione in funzione della inversione di popolazione  $\Delta N$ .
  14. 14/07/08 16.00-17.00 (aula B24): intensità di saturazione e comportamento asintotico di  $\Delta N$ ; assorbimento in funzione di  $\Delta N$  e recupero del risultato classico per un sistema a due livelli; sistema a due livelli con pompaggio esterno e perdite: equazioni di bilancio delle popolazioni e dei fotoni nel mezzo; soluzioni stazionarie e andamenti temporali; inversione di popolazione a soglia; discussione degli argomenti trattati.
  15. 14/07/08 17.00-17.45 (aula B24): sistemi a tre e più livelli: condizioni per l'inversione di popolazione e master equations per sistema a tre livelli; generalità sui meccanismi di pompaggio; intensità in funzione del pompaggio: esistenza di una soglia per operazione laser.
  16. 15/07/08 15.10-16.00 (aula B24): tipi di laser e metodi di pompaggio ottico e "mediato": laser a rubino, a terre rare (Nd:YAG, EDFA), a ioni in matrici; laser a stato liquido (colorante); laser a gas: a scarica (HeNe), a ioni ( $Ar^+$ ), ad eccimeri.
  17. 15/07/08 16.00-17.00 (aula B24): amplificazione ed oscillazione: necessità del feedback ottico; componenti del laser: cavità risonante; perdite ottiche per diffrazione: configurazioni di cavità e generalità sui modi trasversali sostenuti.
  18. 15/07/08 17.00-17.30 (aula B24): cavità piane parallele e confocali: modi TEM; condizioni di stabilità generalizzata; modi longitudinali e free spectral range; realizzazione pratica di alcune cavità e loro fattore di qualità; allargamento omogeneo e disomogeneo, curva di guadagno e perdite: operazione a singolo e a multi-modo in laser di diverso tipo; discussione degli argomenti trattati.
  19. 21/07/08 15.20-16.00 (aula C32): proprietà della radiazione laser: monocromaticità pratica ed ideale (limite di Schawlow-Townes), cavità con etalon Fabry-Perot, sintonizzabilità e uso di reticoli di diffrazione (in laser a colorante); coerenza temporale; coerenza spaziale.
  20. 21/07/08 16.00-17.00 (aula C32): applicazioni metrologiche dei laser: interferenza e profilometria ottica a non contatto; brillantezza del fascio laser e sue implicazioni pratiche nelle applicazioni.
  21. 21/07/08 17.00-17.40 (aula C32): modalità di operazione in continua (cw) e in impulsata; potenza di picco e potenza media; tecniche Q-switching e realizzazioni pratiche (esempio: laser Nd:YAG impulsati con celle di Pockel); laser ad impulsi ultracorti: mode-locking e realizzazioni pratiche (esempio: sidebands generate in modo attivo in laser Ti:Sa); discussione finale sugli argomenti di esame.
  22. 22/07/08 15.15-16.00 (aula C32): generalità sui laser a diodo: applicazioni dei laser al data storage e considerazioni sugli sviluppi futuri (cenni su laser organici e su tecniche a campo ottico prossimo); principali proprietà delle leghe III-V; ricombinazione radiativa  $e-h$  in una omogiunzione e laser ad omogiunzione; cenni sulle equazioni di bilancio nel laser a diodo.
  23. 22/07/08 16.00-17.00 (aula C32): laser ad eterogiunzione, gain guided ed index guided; eterostrutture e multiple quantum wells; cenni sulle proprietà eccitoniche e risvolti sull'operazione del laser; proprietà ottiche e spettrali dei laser a diodo; cenni su configurazioni innovative: laser DBR, DFB, a cavità verticale; laser a cascata quantica.
  24. 22/07/08 17.00-17.55 (aula C32): rapidi cenni sulle norme di sicurezza per l'impiego dei laser; rapidi cenni sulle applicazioni industriali dei laser (trattamento materiali, taglio, saldatura, ablazione laser); discussione finale sugli argomenti di esame.