

Scuola di Dottorato Leonardo da Vinci – a.a. 2012/13
Laser: caratteristiche, principi fisici di funzionamento, applicazioni e nanoscopia
Durata: 20-24 ore

PROGRAMMA DI MASSIMA DEL CORSO

1. **RICHIAMI DI OTTICA ONDULATORIA E CORPUSCOLARE:** descrizione del campo elettromagnetico attraverso onde piane. Descrizione del campo elettromagnetico attraverso fotoni: energia, quantità di moto e momento angolare dei fotoni. Funzioni d'onda e particelle. Introduzione alle caratteristiche specifiche della radiazione laser in termini classici: proprietà di monocromaticità e coerenza.
2. **TRATTAZIONE CLASSICA DELL'INTERAZIONE RADIAZIONE/MATERIA:** aspetti generali dell'interazione fra campi elettromagnetici e elettroni. Cenni sul comportamento dei materiali conduttori (metalli). Comportamento dei dielettrici: modello di Lorenz per l'elettrone legato, condizioni di risonanza, costante dielettrica e indice di rifrazione complessi, assorbimento e dispersione.
3. **ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA:** fondamenti di meccanica quantistica. Cenni alle statistiche classiche e quantistiche; materia e radiazione in equilibrio termodinamico; radiazione incoerente di corpo nero: energia e proprietà spettrali. Funzioni d'onda, onde di materia e loro interpretazione fisica. Equazione di Schroedinger, evoluzione temporale e stati stazionari, autofunzioni e autovalori dell'energia. Alcuni esempi di problemi quantistici.
4. **TRATTAZIONE SEMICLASSICA DELL'INTERAZIONE RADIAZIONE/MATERIA:** transizioni ottiche e principi di conservazione (energia, quantità di moto e momento angolare); cenni sulla regola di Fermi per potenziali stazionari e dipendenti dal tempo (transizioni di dipolo elettrico). Assorbimento ed emissione stimolata, emissione spontanea; coefficienti di Einstein ed equazioni di bilancio per sistema a due livelli; inversione di popolazione e amplificazione ottica.
6. **MEZZI ATTIVI LASER:** pompaggio del mezzo attivo: equazioni di bilancio in presenza di pompaggio e soluzioni stazionarie; sistemi a tre o più livelli e cenni sulle master equations. Metodi e tecnologie di pompaggio in vari tipi di laser: stato-solido (ioni in matrice), gas (miscele, ioni, eccimeri), soluzione (colorante). Rassegna delle principali tipologie di laser, principali caratteristiche tecnologiche e operative.
7. **RISUONATORI LASER:** retroazione ottica nel mezzo attivo (pompato) e oscillazioni laser. Perdite per diffrazione; cavità ottiche a specchi piani paralleli e cavità confocali: cenni sulla distribuzione dei modi trasversali e sulla stabilità dei risuonatori. Modi longitudinali e free spectral range. Forma di riga di guadagno: modi attivi, operazione multimodo e singolo modo. Tecnologia dei risuonatori e alcune strategie per la riduzione della larghezza di riga e per la sintonizzabilità dei laser.
8. **PROPRIETÀ DELLA LUCE LASER E INTERFERENZA:** definizioni di coerenza temporale e spaziale, superficie e area di coerenza. Interferenza e ruolo della lunghezza di coerenza, relazione con monocromaticità, pacchetti d'onda; disegno, caratteristiche e applicazioni di alcuni interferometri e profilometri ottici; olografia e sue applicazioni.
9. **APPLICAZIONI DEI LASER IN MICROSCOPIA:** microscopia ottica convenzionale e potere risolutivo; principi e applicazioni della microscopia confocale a scansione. Limite della diffrazione e basi della microscopia a scansione di sonda. Onde evanescenti, campo ottico prossimo, microscopia a effetto tunnel ottico e a scansione di campo prossimo.
10. **ALTRE APPLICAZIONI DEI LASER:** la trattazione di specifiche applicazioni laser sarà eventualmente decisa in accordo con gli interessi e con la collaborazione degli studenti.

Ulteriori dettagli sul programma e le trasparenze delle lezioni saranno disponibili sul sito <http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>

Testi di riferimento. Il materiale del corso si basa su diversi testi, tra cui:

1. A.E. Siegman, *Lasers* (USB, 1986).
2. O. Svelto, *Principles of Lasers* (Plenum Press, 1998).
3. W. Demtroeder, *Laser Spectroscopy* (Springer-Verlag, 1991).
4. R. Eisberg and R. Resnick, *Quantum Physics of...* (Wiley, 1985).
5. E. Hecht and A. Zajac, *Optics* (Addison-Wesley, 1974).
6. J. Hecht, *Understanding lasers* (IEEE Press, 2003).
7. R. Waser (ed.), *Nanoelectronics and information technology* (Wiley-VCH, 2003).
8. E. Arimondo, *Struttura della Materia* (ETS, 2006).
9. R. Pratesi, *Dispense di Fisica dei Laser*, Università di Firenze ed INO, (<http://www.ino.it/home/pratesi/DispenseL&A.htm>).