



**DIPARTIMENTO DI  
FISICA Enrico Fermi**

Largo Buonarroti, 3  
I-56127 Pisa, Italy

**Francesco Fuso**

Tel. +39 0502214305, 293  
Fax +39 0502214333  
fuso@df.unipi.it  
<http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>

Pisa, 22/07/08

## Scuola di Dottorato Leonardo da Vinci – a.a. 2007/08

### Laser: caratteristiche, principi fisici di funzionamento, applicazioni

#### PROGRAMMA DEL CORSO

1. **RICHIAMI DI OTTICA ONDULATORIA E CORPUSCOLARE:** descrizione del campo attraverso onde piane; fronti d'onda e carattere progressivo; vettore di Poynting ed intensità. Descrizione attraverso fotoni: energia, quantità di moto e momento angolare dei fotoni ottici. Proprietà generali della radiazione laser: monocromaticità, coerenza spaziale e temporale, brillantezza. Modi longitudinali del campo elettromagnetico in una cavità.
2. **ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA:** cenni alle statistiche classiche e quantistiche; materia e radiazione in equilibrio termodinamico; radiazione incoerente di corpo nero: energia e proprietà spettrali. Sistemi materiali con livelli discreti di energia, transizioni ottiche in sistemi atomici e molecolari. Cenni alla trattazione Hamiltoniana dell'interazione radiazione/materia e alla regola di Fermi. Probabilità e rate di transizione: processi di emissione spontanea e indotta e assorbimento ed equazioni di bilancio per sistema a due livelli; ragionamento e coefficienti di Einstein. Inversione di popolazione e amplificazione ottica: saturazione della popolazione in sistema a due livelli.
3. **AMPLIFICAZIONE E MEZZO ATTIVO:** pompaggio del mezzo attivo: equazioni di bilancio in presenza di pompaggio e soluzioni stazionarie; master equations per sistemi a tre o più livelli, comportamento a soglia. Metodi e tecnologie di pompaggio in vari tipi di laser: stato-solido (ioni in matrice), gas (miscele, ioni, eccimeri), soluzione (colorante). Efficienza complessiva dei laser.
4. **RISONATORI LASER ED OSCILLAZIONI:** retroazione ottica ed oscillazioni; perdite per diffrazione; cavità ottiche a specchi piani paralleli e cavità confocali: modi trasversali  $TEM_{ij}$ , stabilità dei risonatori; modi longitudinali: free spectral range; forma di riga di guadagno: allargamento omogeneo e disomogeneo, modi attivi, operazione multimodo e singolo modo. Tecnologia dei risonatori e strategie per la riduzione della larghezza di riga e per la sintonizzabilità: etalon e reticoli di diffrazione.
5. **PROPRIETÀ DELLA LUCE LASER E APPLICAZIONI:** monocromaticità, coerenza temporale, coerenza spaziale, brillantezza: relazione con i principi di funzionamento del



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI  
FISICA Enrico Fermi**

Largo Buonarroti, 3  
I-56127 Pisa, Italy

**Francesco Fuso**

Tel. +39 0502214305, 293  
Fax +39 0502214333  
fuso@df.unipi.it  
<http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>

Pisa, 22/07/08

laser, limiti tecnologici e fondamentali nei vari tipi di laser. Laser impulsati: tecniche di Q-switching e mode-locking per la generazione di impulsi brevi e ultra-brevi. Cenni sulle applicazioni laser ai materiali. Cenni sulle norme di sicurezza nell'uso dei laser.

6. LASER A DIODO E APPLICAZIONI: ambito di sviluppo ed impiego dei laser a diodo; applicazioni per data storage: stato dell'arte e possibili sviluppi futuri. Laser ad omogiunzione e ad eterogiunzione. Cenni sulle eterostrutture: confinamento quantico, MQW, eccitoni. Tecnologia dei laser a diodo gain ed index-guided; proprietà ottiche e spettrali del fascio, laser DBF, DBR, VCSEL; laser a cascata quantica.

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

Modalità di certificazione di idoneità: discussione orale e test scritto.

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>).