

Llicenciatura de Física
Curs 1995-96

ÒPTICA.

Programa

1. Introducció.

I. LA LLUM COM A RADIACIÓ ELECTROMAGNÈTICA.

- 2. Bases de la teoria electromagnètica.
- 3. Ones armòniques planes.
- 4. Superposició d'ones electromagnètiques planes.
- 5. Radiació no monocromàtica.
- 6. Polarització d'ones planes.

II. PROPAGACIÓ DE LA LLUM EN MEDIS ISÒTROPS.

- 7. Medis dielèctrics: polarització induida.
- 8. Medis dielèctrics: efectes sobre la llum.
- 9. Refracció i reflexió en una superfície plana entre dos dielèctrics.
- 10. Propagació i difusió d'un feix lluminós.
- 11.* Medis conductors.

III. FORMACIÓ D'IMATGES EN L'APROXIMACIÓ GEOMÈTRICA.

- 12. Ones electromagnètiques en l'aproximació de l'òptica geomètrica.
- 13. Fonaments de l'òptica geomètrica.
- 14. Formació d'imatges òptiques.
- 15. Òptica paraxial. Lents i miralls.
- 16. Introducció als instruments òptics: principi, relacions geomètriques i utilitat.
- 17. Diafragmares.
- 18.* Dispersió cromàtica en vidres òptics.
- 19.* Aberracions amb llum monocromàtica.

IV. INTERFERÈNCIES LLUMINOSES I COHERÈNCIA DE LA LLUM.

- 20. Interferències en la superposició de llum monocromàtica coherent.
- 21. Model de llum real i problema de la coherència.
- 22. Interferències amb dos feixos obtinguts per divisió d'amplitud.
- 23. Interferències amb dos feixos obtinguts per divisió del front d'ona.
- 24. Interferències de múltiples ones per divisió d'amplitud.
- 25.* Interferències en làmines primes.
- 26.* Bases de la teoria de la coherència parcial.

V. DIFRACCIÓ.

- 27. Fenòmens de difracció.
- 28. Difracció de Fraunhofer per una obertura.
- 29. Difracció de Fraunhofer per varies obertures idèntiques en un pla.
- 30. Elements de la difracció de Fresnel.

31. Introducció de la teoria escalar de Kirchhoff.

VI. MEDIS ANISÒTROPS I POLARITZACIÓ DE LA LLUM.

- 32. La llum en medis dielèctrics anisòtrops.
- 33. Fenòmens d'òptica cristal.lina.
- 34. Obtenició de llum polaritzada.
- 35.* Caracterització de llum polaritzada, de polaritzadors i de retardadors.

Bibliografia

- * K. Wangness "Campos Electromagnéticos", Ed. Limusa 1983, o qualsevol altre text de Electricitat i Magnetisme.
 - * E. Hecht i A. Zajac, "Optics" (Addison-Wesley, 2na. edició, 1988), versió en castellà de la 1a. edició: "Optica" (Addison-Wesley Iberoamericana, 1977). Inclou solucions de problemes.
 - * F.A. Jenkins i H.E. White, "Fundamentals of Optics" (McGraw-Hill, 1976).
 - * G.R. Fowles "Introduction to modern optics" (Dover, 2na. edició, 1989).
 - * M.V. Klein i T.E. Furtak, "Optics" (Wiley, 1986).
 - * A.N. Matveev, "Optics" (Mir, 1988).
 - * J. Casas, "Optica" (Universidad de Zaragoza, 7a. edición, 1994).
 - * J.M. Cabrera, F.J. López i F. Agulló "Optica Electromagnética" (Addison-Wesley Iberoamericana, 1993).
 - * M. Born i E. Wolf "Principles of Optics" (Pergamon, 1980).
- Problemes:
- * M. López, J.I. Diaz i M. Jiménez, "Problemas de Física General, vol. V: Optica" (Ed. Romo, 1980).
 - * E. Hecht, "Optica" (McGraw-Hill, 1992).
 - * R. Annequin, J. Boutigny "Curso de Ciencias Fisicas. Optica 2" (Reverté, 1978).

Professors

<u>Grup I</u>	<u>Grup II</u>
Teoria Francesc Pi (Despatx C3b/-016)	Teoria Gaspar Oriols (Despatx C3b/-012)
Problemes María Josefa Yzuel (Despatx C3b/-020)	Problemes Francesc Pi (Despatx C3b/-016)

Els tres professors pertanyen al Grup d'Òptica del Departament de Física i els seus despatxos es troben a l'àrea 7, planta -1, sector esquerra.

ÒPTICA.

Programa

1. Introducció.

Els fenòmens iluminosos i la seva relació amb la matèria. Diferents models sobre la llum. Desenvolupament històric de l'Òptica. Perspectives actuals. Objectius i orientació de l'assignatura.

I. LA LLUM COM A RADIACIÓ ELECTROMAGNÈTICA.

2. Bases de la teoria electromagnètica. (Wangness, Klein 1.4 i 2.1)

Equacions de Maxwell, llei de la força de Lorentz i relacions constitutives. Relacions energètiques: teorema de Poynting. Generació: dipol oscil·lant. Propagació: equació d'ones. Espectre electromagnètic.

3. Ones armòniques planes. (Wangness, Klein 1.4 i 2.1)

Notació complexe. Fronts d'ona. Velocitat de fase. Índex de refracció i camí òptic. Transversalitat dels camps. Transport d'energia i de moment linial. Ones harmòniques de forma arbitrària.

4. Superposició d'ones electromagnètiques planes. (H-Z 7)

Príncipi de superposició en règim lineal. Ones copropagants d'igual freqüència i polarització. Ones contrapropagants: estructura dels camps. Ones de freqüència diferent: pulsacions.

5. Radiació no monocromàtica. (H-Z 7, 11.2 i 11.3.4)

Ones modulades en amplitud. Composició i descomposició espectral de funcions: anàlisi de Fourier. Polsos. Propagació en medis dispersius: velocitat de grup. Llum quasi-monocromàtica: estructura i amplada espectral.

6. Polarització d'ones planes. (H-Z 8.1, Klein 9.1, Fowles 2.3-5)

Tipus de llum polaritzada: lineal, circular i el·líptica. Representació complexe de la polarització. Llum sense polarització determinada. Polarització i moment angular de la radiació.

II. PROPAGACIÓ DE LA LLUM EN MEDIS ISÒTROPS.

7. Medis dielèctrics: polarització induïda. (Klein 2.4, H-Z 3.3, Fowles 6.1-4)

Origens de la polarització. Conexió entre els nivells microscòpic i macroscòpic. Model de l'oscil·lador clàssic de Lorentz. Cas d'un gas molt diluit: susceptibilitat i index de refracció complexes. Medis densos: correcció del camp local.

8. Medis dielèctrics: efectes sobre la llum. (Klein 2.1, H-Z 4.4)

Una plana en un medi dielèctric: atenuació de l'amplitud i modificació de la velocitat de fase. Coeficient d'absorció i potència mitja absorbida. Dissipació: escalfament i fluorescència. Materials transparents. Color per absorció selectiva. Dispersió normal i anòmala.

9. Refracció i reflexió en una superfície plana entre dos dielèctrics. (H-Z 4.3, Fowles 2.6-9, Cabrera 10)

Lleis de la reflexió i la refracció a partir de les condicions de frontera. Fórmules de Fresnel: amplitud, canvi de fase i intensitat. Angle limit i reflexió total: ona evanescent i reflexió total fustrada. Aplicacions de la reflexió total.

10. Propagació i difusió d'un feix iluminós. (H-Z 3.3.2, 4.2 i 8.5, Matveev 9)

Príncipi ondulatori de Huygens i lleis de la reflexió i la refracció. Propagació electromagnètica en un medi dielèctric. Difusió de la llum en medis no absorbents: difusió de Rayleigh, difusió de Thomson, materials difusors. Difusió resonant i fluorescència.

11.* Medis conductors. (H-Z 4.3.5, Klein 2.4B, Fowles 6.5-6)

Corrent induït, conductivitat i index de refracció complexes. Ona de propagació en un metall. Refracció i reflexió en la superfície. Profunditat de penetració.

III. FORMACIÓ D'IMATGES EN L'APROXIMACIÓ GEOMÈTRICA.

12. Ones electromagnètiques en l'aproximació de l'òptica geomètrica. (Cabrera 11, B-W III)

Equació de l'eikonal per una ona harmònica de forma arbitraria. Raigs de llum. Equació diferencial dels raigs. Propagació en medis inhomogenis. Principis de l'òptica geomètrica. Límits de l'aproximació.

13. Fonaments de l'òptica geomètrica. (H-Z 4.2, Cabrera 11, Casas 1)

Principi de Fermat. Lleis de l'òptica geomètrica. Relació amb altres principis variacionals. Teorema de Malus-Dupin.

14. Formació d'imatges òptiques. (H-Z 5, Casas 2)

Conceptes bàsics: objecte, sistema òptic, imatge, aberració, observació de la imatge. Exemples del dipòti pla i del mirall pla. Superfícies estigmàtiques per a dos punts. Superficie esfèrica.

15. Òptica paraxial. Lents i miralls. (H-Z 5, Casas 3 i 4)

L'esfera en zona paraxial: invariant d'Abbe, comportament perfecte per imatges planes. Lents primes: focus i plans focals, formació d'imatges.

Elements cardinals. Equacions de correspondència. Sistemes compostos. Lents. Aproximació de la lent prima. Miralls.

16. Introducció als instruments òptics: principi, relacions geomètriques i utilitat.

Projector. Cambra fotogràfica i ull humà: mecanismes i límits d'enfocament. Agudesa visual i el problema del poder resolutiu. Lent d'augment. Microscopi. Telescopis astronòmic i de Galileo. (H-Z 5.7, Casas 36-38).

17. Diafragmes. (H-Z 5.3, Casas 6)

Diafragmes d'obertura i de camp. Pupil·les d'entrada i de sortida. Observació per un foradet. Aplicació a telescopis, cambra fotogràfica i objectius de microscopi.

18.* Dispersió cromàtica en vidres òptics. (H-Z 5.5, Casas 5)

Origen de la dispersió, nombre d'Abbe i tipus de vidres. Aplicació espectroscòpica amb el prisma: desviació mínima i dispersió angular. Aberracions cromàtiques d'un sistema òptic. Condicions d'acromatisme per un doblet de lenses.

19.* Aberracions amb llum monocromàtica. (H-Z 6)

Origen i tipus d'aberracions. Caracterització de les aberracions de tercer ordre: esfèrica, coma, astigmatisme, corbatura de camp i distorsió. Correcció d'aberracions i disseny de sistemes òptics.

IV. INTERFERÈNCIES LLUMINOSES I COHERÈNCIA DE LA LLUM.

20. Interferències amb feixos de llum monocromàtica coherent. (H-Z 9.1-2)

Intensitat resultant en la superposició de dues llums. Condicions per a l'observació de figures interferencials: iguals polarització, freqüència i amplitud. Temps de resposta del detector i observació de batiments. Cas de dues ones planes creuades: franges interferencials i redistribució de l'energia.

21. Model de llum real i problema de la coherència. (H-Z 12.1, Fowles 3.5-7)

Coherència temporal, coherència espacial i polarització parcial. Interferències amb llum real: necessitat de coherència mútua i mètodes per a obtenir-la.

22. Interferències amb dos feixos obtinguts per divisió d'amplitud. (H-Z 9.4 i 9.10.3, Matveev 26)

Interferòmetre de Michelson amb font puntual i monocromàtica: anells interferencials. Superposició de fronts idèntics: absència de franges i conservació de l'energia. Font extesa incoherent: localització dels anells amb una lent. Llum polaritzada: experiència de Fresnel-Arago.

Llum no monocromàtica i llum blanca: visibilitat dels anells. Determinació de la longitud de coherència i l'amplada espectral. Aplicacions: comparació de longituds d'ona amb el metre i altres. Experiències de Michelson-Morley i de Fizeau.

23. Interferències amb dos feixos obtinguts per divisió del front d'ona. (H-Z 9.3, Matveev 27)

Doble escletxa de Young amb font puntual monocromàtica: característiques de les franges. Altres dispositius. Font extesa incoherent: influència de la forma i tamany sobre la visibilitat de les franges. Interferòmetre estelar de Michelson. Llum blanca: estructura de les franges i influència de la longitud de coherència.

24. Interferències de múltiples ones per divisió d'amplitud. (H-Z 9.7-8, Matveev 28)

Cavitat Fabry-Perot amb il·luminació col·limada: intensitat transmessa, reflectida i interna. Modes longitudinals de la cavitat. Anells interferencials: finesa, poder resolutiu i aplicació espectroscòpica. Modes d'una cavitat unidireccional en anell.

25.* Interferències en làmines primes. (H-Z 9.5-6, Matveev 29)

Làmines plano-paral·leles i làmines de gruix variable. Franges d'igual inclinació i franges d'igual gruixària. Pel·lícules anti-reflectants. Introducció a l'òptica de multicapes i aplicacions.

26.* Bases de la teoria de la coherència parcial. (H-Z 12, Matveev 30)

Funcions de correlació del camp elèctric i relació amb les interferències. Coherència espacial: funció de correlació mútua. Coherència temporal: funció d'autocorrelació. Teorema de Wiener-Khintchine. Correlació d'intensitats i experiment de Hanbury-Brown y Twiss.

V. DIFRACCIÓ. (H-Z 10)

27. Fenòmens de difracció.

Fenòmens de difracció: origen i condicions per a la seva observació. Principi de Huygens-Fresnel. Obstacles opacs i obstacles transparents. Llums transmesa i reflectida. Influència de la naturalesa electromagnètica de la llum. Difracció de Fraunhofer i de Fresnel.

28. Difracció de Fraunhofer per una obertura.

Camp irradiat per un conjunt d'oscil·ladors coherents en línia. Difracció de Fraunhofer per una escletxa. Obertura rectangular. Obertura circular. Limitació del poder resolutiu dels instruments òptics.

29. Difracció de Fraunhofer per varies obertures idèntiques en un pla.

Influència de la translació d'una obertura en el seu pla. Doble escletxa: interferència o difracció?. Moltes esclethes parel·leles i equidistants: xarxes de difracció. Moltes obertures idèntiques distribuïdes aleatoriament. Aplicació espectroscòpica de les xarxes de difracció. Difració (o reflexió) de Bragg.

30. Elements de la difracció de Fresnel.

Propagació lliure d'una ona esfèrica amb el principi de Huygens-Fresnel. Zones semiperiòdiques. Obertures i obstacles. Placa zonal de Fresnel.

31. Introducció a la teoria escalar de Kirchhoff.

Equació d'ones d'Helmholtz i teorema de la integral de Kirchhoff. Fórmula de Fresnel-Kirchhoff per a la difracció i relació amb el principi de Huygens-Fresnel. Principi de Babinet per a obstacles complementaris. Aproximacions de la difracció de Fresnel i de la difracció de Fraunhofer. Relacions d'incertesa en ones de propagació.

VI. MEDIS ANISÒTROPS I POLARITZACIÓ DE LA LLUM.

32. Obtenció de llum polaritzada. (H-Z 8.2-9)

Polarització per absorció selectiva: polaroid i cristalls dicroïcs. Reflexe en angle de Brewster. Polarització en la difusió de Rayleigh. Birefringència: fenomenologia bàsica i aplicació a làmines retardadores. Colors de interferència amb materials birefringents.

33. La llum en cristalls anisòtrops. (Klein 9.4, Fowles 6.7, Matveev 8)

Origens de la resposta anisòtropa. Tensor dielectric. Eixos principals i indexs de refracció principals. Classificació dels cristalls. Propagació d'una ona plana monocromàtica: raigs, fronts d'ona, propagació de la fase i de l'energia. Superfícies d'ona (o superfícies dels raigs).

34. Fenòmens d'òptica cristal·lina. (H-Z 8.4, 8.10 i 8.11, Fowles 6.8-11)

Doble refracció en la superfície de medis uniaxials. Prismes polaritzadors. Activitat òptica. Anisotropies induïdes: fotoelasticitat, efectes electro-òptics, efectes magneto-òptics.

35.* Caracterització de llum polaritzada, polaritzadors i retardadors. (H-Z 8.12)

Paràmetres d'Stokes. Vectors de Jones. Matrius de Mueller i de Jones. Anàlisi de llum polaritzada. Llei de Malus.