



PROBLEMES EMPAQUETATS. IMATGES

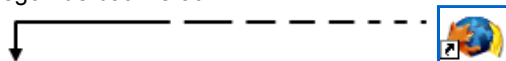
Octavi Plana

En aquest número presentem un seguit de problemes empaquetats, pensats per a primer de batxillerat, en els quals la llum es treballa tant amb el model de raigs com amb el d'ones.

La física ens ajuda a conèixer el món i la major part de la informació ens arriba a través de la llum que ens entra pels ulls. Mentre escric això uso els meus ulls, les meves ulleres, la meva pantalla plana, la il·luminació domèstica i, així que acabi, l'enviaré per fibra òptica.

Per tant, ningú no enganya els alumnes si els assegura que l'estudi de la llum és fonamental per entendre el món i, oportunament, la celebració enguany de l'any internacional de la llum i les tecnologies basades en la llum ens ho recorda. Vivim en un món on làsers, càmeres digitals i pantalles són omnipresents.

En aquests problemes, pensats per a primer de batxillerat, la llum es treballa tant amb el model de raigs com amb el d'ones, per bé que l'estudi més rigorós de les ones queda reservat a segon de batxillerat.



Full de l'alumnat

Els problemes

El raig de llum: Anàlisi i aprofundiment del model de raig de llum en la visió i en situacions i aparells en què hi hagi miralls i lents. Construcció geomètrica d'imatges de manera gràfica i mitjançant programes de simulació. Determinació de la distància focal en miralls i lents i de la potència de lents convergents i divergents. Disseny i construcció d'algun instrument òptic.

1. A la figura es mostra l'esquema d'un telescopi newtonià. Està format per un mirall còncau (A), un mirall pla (B) i una lent convergent (C).

- Identifica a la figura cada un dels tres elements i assenya la on s'ha de situar l'ull de l'observador.
- Considerant l'escala de la figura, determina la distància focal i la potència òptica del mirall i de la lent.
- Explica per quin motiu és convenient que el mirall sigui molt gran.
- En el diagrama de raigs, on és l'objecte? I la imatge?

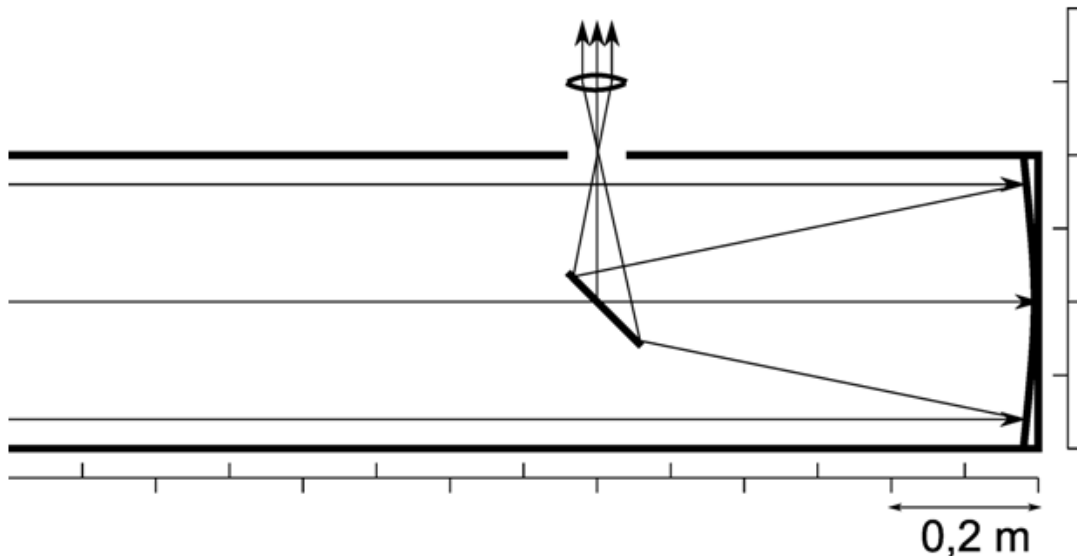


Fig. 1

El medi: Anàlisi del comportament de la llum en canviar de medis i en travessar-los: canvi de la velocitat de propagació, reflexió, refracció, absorció/transmissió i dispersió.

2. Hem fet incidir un raig de llum en una peça d'un plàstic transparent. La figura marca el camí que ha seguit el raig.

- a) Calcula l'índex de refracció del plàstic.
- b) Calcula l'angle límit, si existeix, quan la llum passa del plàstic a l'aire i quan passa de l'aire al plàstic.
- c) Com canviaria el camí si substituïssim el plàstic per un altre material amb un índex de refracció menor. Raona la resposta. (optatiu: construeix el raig per a un valor de n escollit per tu).

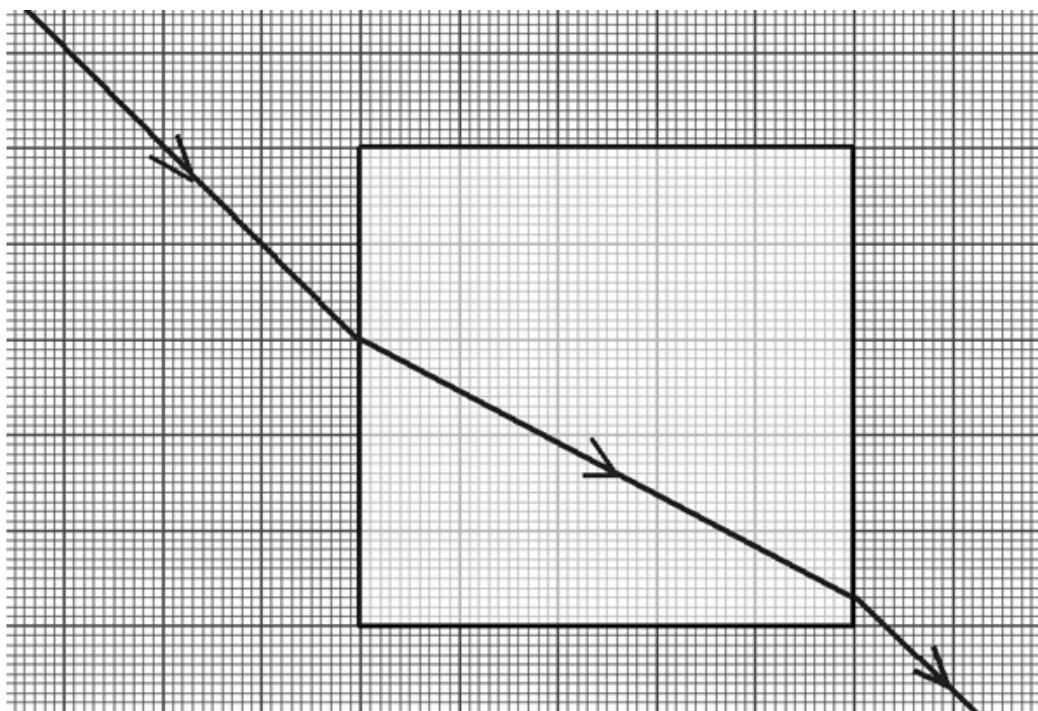


Fig. 2

L'ull: Descripció de l'ull humà com a sistema òptic. Caracterització de l'ull sa, l'ull miop, l'ull hipermetrop. Correcció mitjançant ulleres o lents de contacte o cirurgia.

3. L'ull humà pot adaptar-se de manera que pot passar d'enfocar objectes llunyans a enfocar objectes pròxims.

a) Fes un esquema de raigs que indiqui com es formen a la retina les imatges d'un objecte quan és a prop i quan és lluny.

b) En quin cas és més gran la distància focal del sistema còrnia+cristal·lí?

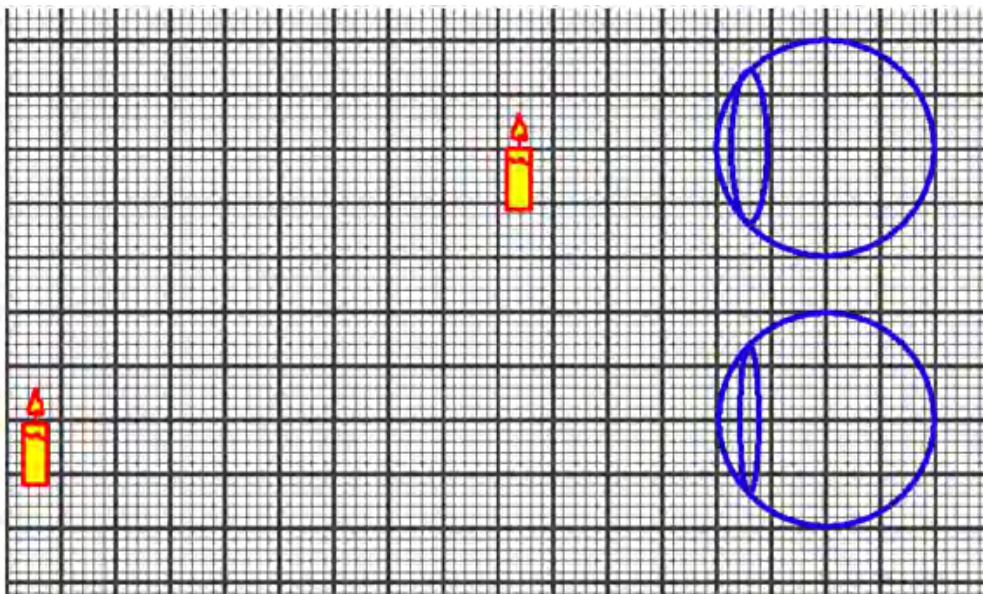


Fig. 3

4. Les persones amb miopia no poden formar a la retina imatges dels objectes que estan més enllà d'una certa distància (punt llunyà). Es pot corregir aquest defecte usant lents que produeixin imatges pròximes dels objectes llunyans. En particular, cal que els objectes situats a l'infinit produeixin imatges al punt llunyà.

a) Quina graduació han de tenir les ulleres d'una persona miop si el seu punt llunyà està a 0,80 m ?

b) Fes un diagrama de raigs que mostri com serà la imatge, i on estarà situada, d'un objecte de 10 cm d'altura situat a 1,50 m d'aquestes ulleres.

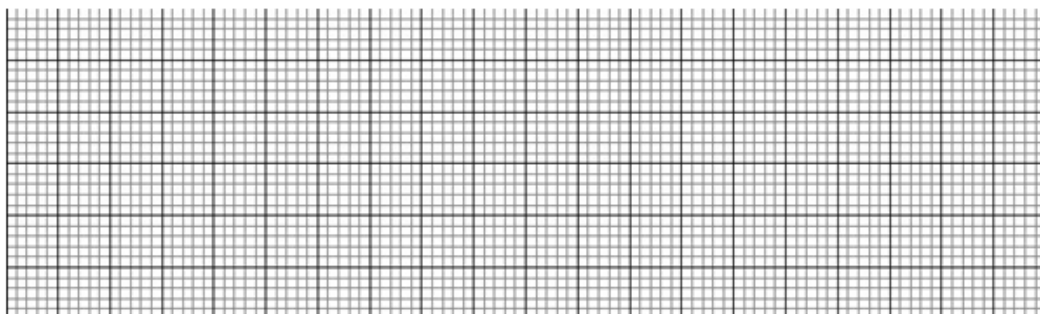


Fig. 4

L'espectre visible: Observació de l'espectre de la llum visible. Descripció i anàlisi de l'espectre electromagnètic. Aplicacions i característiques de les diferents bandes de l'espectre. Caracterització de la llum com a ona.

5. Les modernes càmeres de fotos recullen la llum amb uns dispositius anomenats CCD (*charge coupled device*). La figura 5 mostra la proporció de radiació capturada per un CCD en funció de la longitud d'ona d'aquesta radiació.

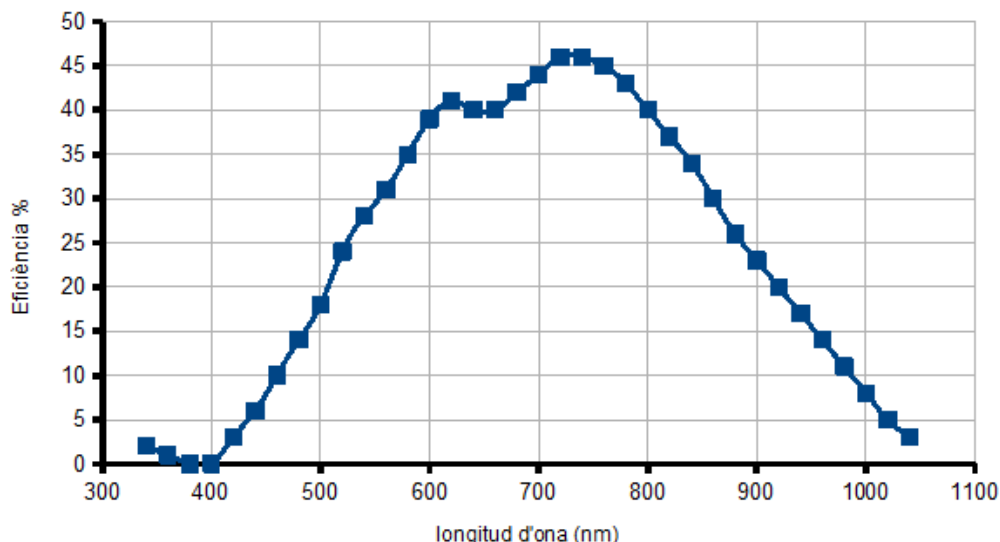


Fig. 5

A la taula es mostren les longituds d'ona que corresponen a cada color

COLOR	vermell	taronja	groc	verd	blau	violeta
λ (nm)	635-700	590-635	560-590	520-560	450-520	400-450

- a) Per a quin color de la llum visible és més sensible el CCD? A quines freqüències correspon?
- b) Com es diu la radiació, no visible per als humans, a la qual el CCD té la màxima sensibilitat?
- c) Compara, amb aquestes dades, la sensibilitat de l'ull humà i la de les càmeres CCD.

Dada: $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s

Polarització: Observació qualitativa i aplicacions de la polarització de la llum.

6. Trobem pantalles LCD (*liquid crystal display*) en molts dispositius, com per exemple en la pantalla de les calculadores. En aquestes pantalles la llum travessa successivament un filtre polaritzador, un cristall líquid i un altre filtre polaritzador abans de dirigir-se cap als nostres ulls. Els cristalls líquids tenen la propietat de fer girar el pla de polarització de la llum quan estan sotmesos a un camp elèctric.

- a) Fes un esquema que mostri les diferents capes d'una pantalla LCD segons la descripció prèvia.
- b) Com han d'estar disposats els dos filtres polaritzadors si volem que no passi llum quan no s'aplica cap camp elèctric al cristall líquid?
- c) Mirem una pantalla LCD amb unes ulleres de sol i no hi veiem res. Proposa una explicació i una solució (sense treure'ns les ulleres) al problema.

Interferències: Observació experimental de la difracció i les interferències amb la llum. Anàlisi qualitativa de la difracció i les interferències utilitzant el principi de Huygens. Aplicacions de les interferències a la lectura amb làser. Mesura de la distància entre pistes en un CD o DVD per difracció amb làser. Aplicació de la difracció de raigs-X.

7. Una fina capa d'oli sura sobre l'aigua. Un raig de llum arriba des de l'aire tal com indica la figura (molt ampliada), de manera que es produeixen dues reflexions, una a la superfície de cada líquid. Els dos raigs dibuixats formen, en trobar-se, una interferència constructiva.

- a) Calcula la freqüència del raig i la longitud de l'ona dins de l'oli.

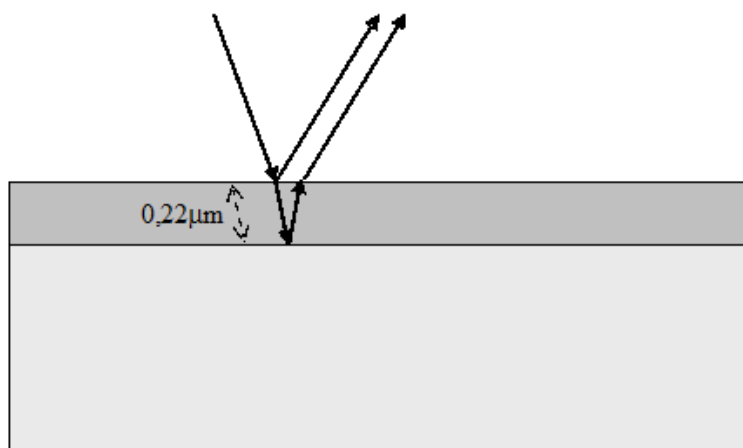
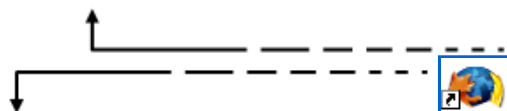


Fig. 6



Solucions

1. A la figura es mostra l'esquema d'un telescopi newtonià. Està format per un mirall còncau (A), un mirall pla (B) i una lent convergent (C) .

- a) Identifica a la figura cada un dels tres elements i assenjala on s'ha de situar l'ull de l'observador.
[Vegeu la figura 7](#) .
- b) Considerant l'escala de la figura, determina la distància focal i la potència òptica del mirall i de la lent.

Mirall: distància focal (d.f.) $f = 0,80 \text{ m}$. Potència (P) $P = f^{-1} = 1,25$ diòptries (m^{-1})

Lent: distància focal $f = 0,10 \text{ m}$. Potència $P = f^{-1} = 10$ diòptries (m^{-1})

c) Explica per quin motiu és convenient que el mirall sigui molt gran.
Per recollir més llum.

d) En el diagrama de raigs, on és l'objecte? I la imatge?
L'objecte, a l'infinit . La imatge, també a l'infinit.

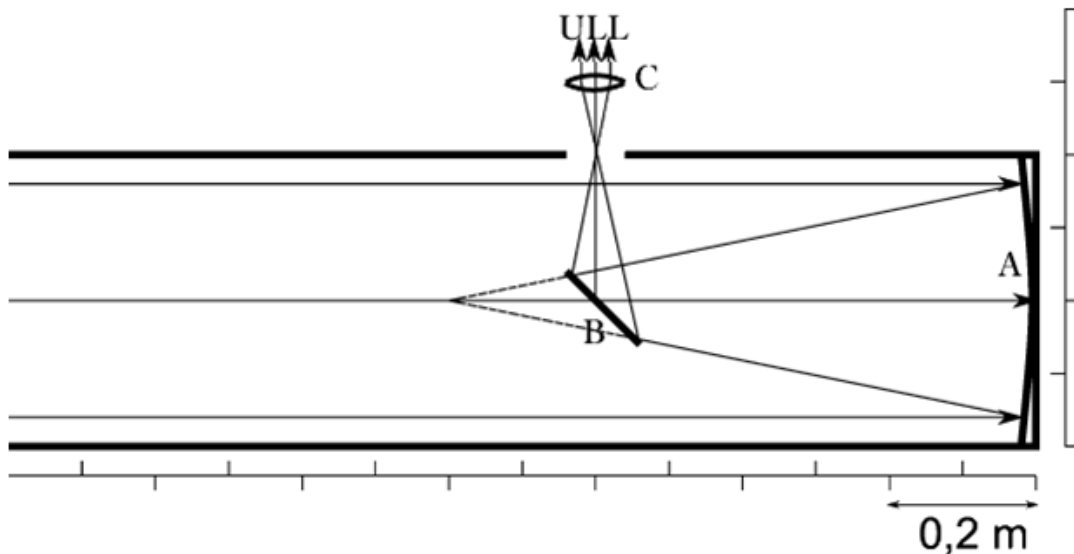


Fig. 7

2. Hem fet incidir un raig de llum en una peça d'un plàstic transparent. La figura marca el camí que ha seguit el raig.

a) Calcula l'índex de refracció del plàstic.
1,49

b) Calcula l'angle límit, si existeix, quan la llum passa del plàstic a l'aire i quan passa de l'aire al plàstic.
Del plàstic a l'aire, $42,2^\circ$. De l'aire al plàstic no hi ha angle límit.

c) Com canviaria el camí si substituïssim el plàstic per un altre material amb un índex de refracció menor. Raona la resposta (optatiu: construeix el raig per a un valor de n escollit per tu).

No es desviaria tant i possiblement acabaria produint una reflexió total per la cara inferior (p.ex. si $n = 1,3$) o sortint-ne (p.ex. Si $n = 1,1$)

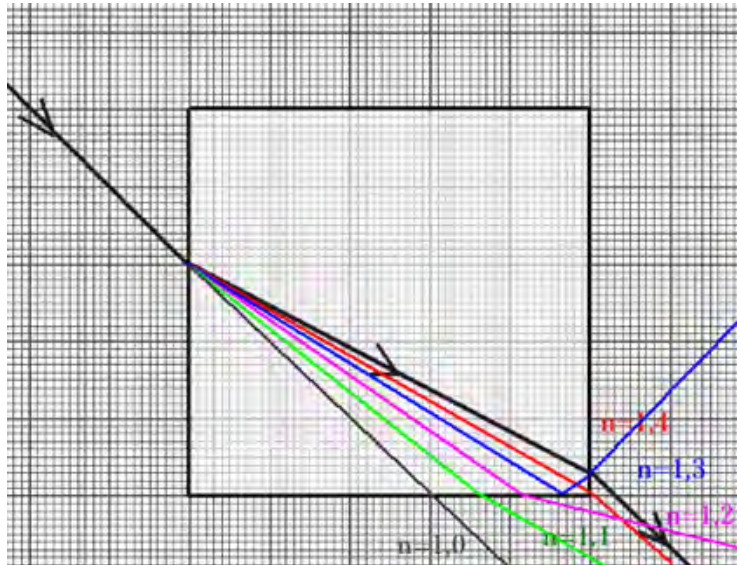


Fig. 8

3. L'ull humà pot adaptar-se de manera que pot passar d'enfocar objectes llunyans a enfocar objectes pròxims.

a) Fes un esquema de raigs que indiqui com es formen a la retina les imatges d'un objecte quan és a prop i quan és lluny.
 Vegeu la figura 9

b) En quin cas és més gran la distància focal del sistema còrnia+cristal·lí?
 D.f. més gran per a l'objecte llunyà.

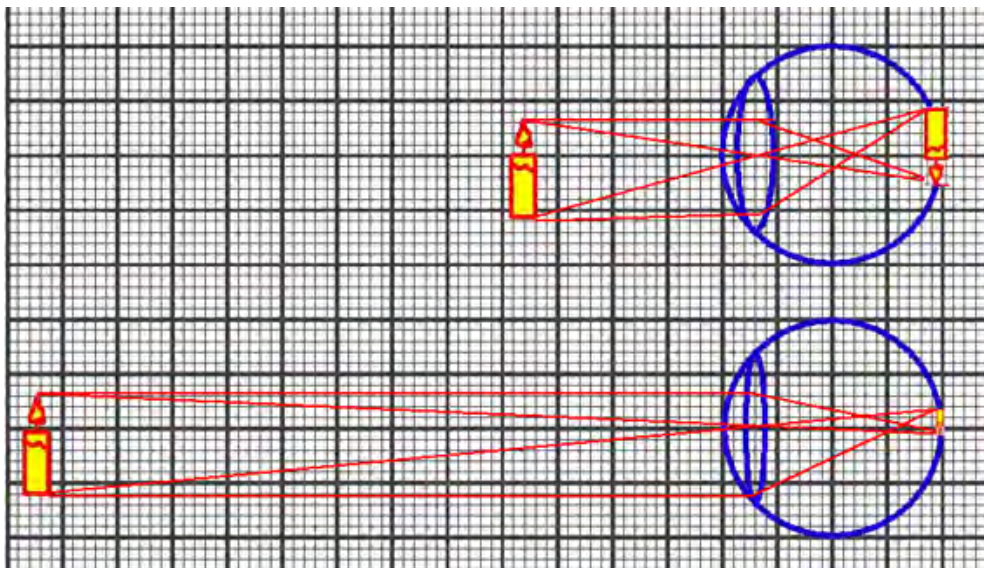


Fig. 9

4. Les persones amb miopia no poden formar a la retina imatges dels objectes que estan més enllà d'una certa distància (punt llunyà). Es pot corregir aquest defecte usant lents que produeixin imatges pròximes dels objectes llunyans. En particular, cal que els objectes situats a l'infinit produeixin imatges al punt llunyà.

a) Quina graduació han de tenir les ulleres d'una persona miop si el seu punt llunyà està a 0,80 m ?
 Lents divergents. D.f. = $f = 0,80 \text{ m}$. $P = -1,25$ diòptries.

b) Fes un diagrama de raigs que mostri com serà la imatge, i on estarà situada, d'un objecte de 10 cm

d'altura situat a 1,50 m d'aquestes ulleres.

Vegeu la figura 10. Dreta, 3,5 cm, menor, real i a 0,52 m abans de la lent.

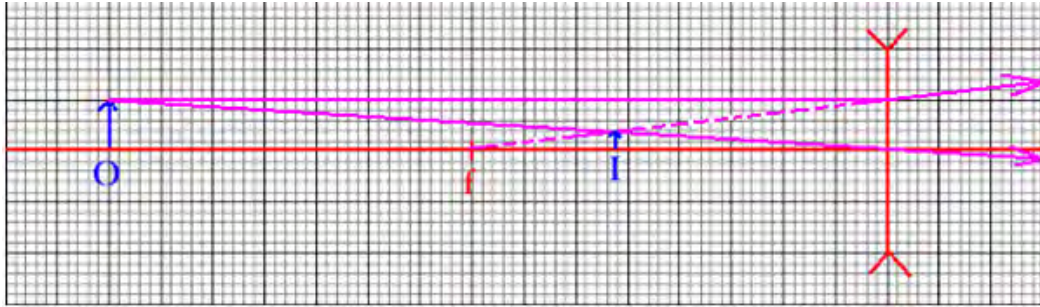


Fig. 10

5. Les modernes càmeres de fotos recullen la llum amb uns dispositius anomenats CCD (*charge coupled device*). La figura 5 mostra la proporció de radiació capturada per un CCD en funció de la longitud d'ona d'aquesta radiació.

a) Per a quin color de la llum visible és més sensible el CCD? A quines freqüències correspon?

Vermell (extrem). La màxima sensibilitat, per a $f = 4,3 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$. El vermell va des d'aquesta freqüència fins a $f = 4,7 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$.

b) Com es diu la radiació, no visible per als humans, a la qual el CCD té la màxima sensibilitat?

Infraroig.

c) Compara, amb aquestes dades, la sensibilitat de l'ull humà i la de les càmeres CCD.

El CCD del gràfic és sensible a una franja de l'espectre més ampla que l'ull humà, incloent-hi la radiació IR fins als 1050nm a més de tots els colors de la llum visible.

6. Trobem pantalles LCD (*liquid crystal display*) en molts dispositius, com per exemple en la pantalla de les calculadores. En aquestes pantalles la llum travessa successivament un filtre polaritzador, un cristall líquid i un altre filtre polaritzador abans de dirigir-se cap als nostres ulls. Els cristalls líquids tenen la propietat de fer girar el pla de polarització de la llum quan estan sotmesos a un camp elèctric.

a) Fes un esquema que mostri les diferents capes d'una pantalla LCD segons la descripció prèvia.

Vegeu la figura 11.

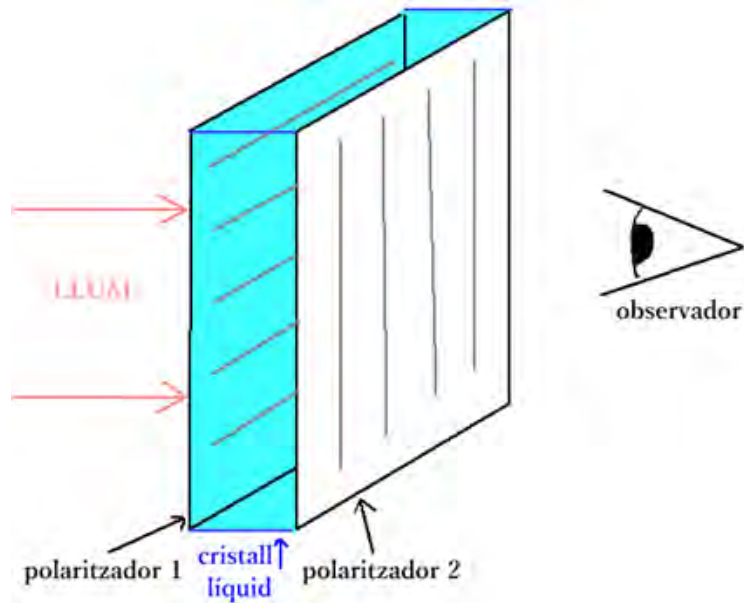


Fig. 11

b) Com han d'estar disposats els dos filtres polaritzadors si volem que no passi llum quan no s'aplica cap camp elèctric al cristall líquid?

Han d'estar creuats (amb direccions de polarització perpendiculars) .

c) Mirem una pantalla LCD amb unes ulleres de sol i no hi veiem res. Proposa una explicació i una solució (sense treure'ns les ulleres) al problema.

Les ulleres de sol deuen ser polaritzades. Cal girar la pantalla (o el cap) 90° .

7. Una fina capa d'oli sura sobre l'aigua. Un raig de llum arriba des de l'aire tal com indica la figura (molt ampliada), de manera que es produeixen dues reflexions, una a la superfície de cada líquid. Els dos raigs dibuixats formen, en trobar-se, una interferència constructiva.

a) Calcula la freqüència del raig i la longitud de l'ona dins de l'oli.

$$\lambda = 0,44 \mu\text{m} \quad ; \quad f = 4,3 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$



Sumari

7/8

[Inici](#)

[Com podeu col·laborar?](#)

[Subscripció](#)

ISSN: 1988-7930 DL: B-31773-2012 Adreça a la xarxa: www.RRFisica.cat Adreça electrònica:

redaccio@rrfisica.cat difusio@rrfisica.cat

Comitè de redacció : Josep Ametlla, Octavi Casellas, Xavier Jaén, Gemma Montanyà, Octavi Plana, Jaume Pont.

Treballem conjuntament : Societat Catalana de Física, Associació de Professores i Professors de Física i Química de Catalunya, XTEC, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de Barcelona



Aquesta obra està subjecta a una [Llicència de Creative Commons](#)



Programació web: Xavier Jaén i Daniel Zaragoza.

Correcció lingüística: Serveis Lingüístics de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Recursos de Física col·labora amb [la baldufa](#) i també amb [ciències](#) Revista del Professorat de Ciències de Primària i Secundària (Edita: CRECIM-UAB)

