

AL VOLTANT DE LA REFRACCIÓ DE LA LLUM

IES Massamagrell (València)

1. Dades del projecte i centre

Títol del projecte: AL VOLTANT DE LA REFRACCIÓ DE LA LLUM

Centre i curs: IES MASSAMAGRELL

Nom dels estudiants: Feodor Patrik Gabor,
 Marta Mateo Sanfèlix,
 Eva Izquierdo Sanchis,
 Jorge Tárraga Camacho

Nom del tutor o tutra: Mónica Pérez Herranz, Eva Pérez Sánchez

2.- Objectius i resum del projecte

El nostre projecte s'anomena "Al voltant de la refracció de la llum" i hem estudiat diversos fenòmens relacionats amb aquesta.

3.- Muntatge de la experiència o dispositiu.

Hem utilitzat materials molt accessibles, alguns són casolans: gots, cubetes... Altres estan a l'abast de qualsevol laboratori escolar de física: punters làser, banc d'òptica, lents convergents i divergents, prismes...

S'adjunta una presentació del projecte, en format pdf, que varen fer els alumnes per a la preparació del mateix. En aquesta presentació es poden veure els muntatges i els materials utilitzats.

4 y 5.-Funcionament del dispositiu (demostració, experiment o aplicació tecnològica) i anàlisi de les observacions qualitatives i /o de les mesures experimentals.

La refracció de la llum és el canvi de direcció que experimenta la llum al passar d'un medi a un altre amb diferent índex de refracció, com es pot veure amb el muntatge que tenim aquí.

L'índex de refracció és el quocient entre la velocitat de la llum en el medi 1 (en aquest cas l'aire) i la velocitat de la llum en el medi 2 (aigua). A partir de fotografies del muntatge, hem calculat l'índex de refracció de l'aigua fent servir la llei de Snell de la refracció, obtenint experimentalment el mateix valor que el teòric: 1,

De la mateixa manera, però fent passar el raig de llum de l'aigua fins l'aire hem calculat l'angle límit, que és l'angle d'incidència al que correspon un angle de refracció de 90°. Quan la llum incideix amb un angle major que l'angle límit es produeix reflexió total del raig, el que ens permet explicar com funciona la fibra òptica. La llum entra per un extrem del cable, i després de múltiples reflexions a l'interior, ix per l'altre extrem, com podem veure també en aquest muntatge.

La refracció de la llum és la responsable de moltes il·lusions òptiques, algunes de les quals vos mostrarem la meua companya Eva i jo:

Ací tenim un palet dins d'un got amb aigua. Si l'observem des d'aquest angle pareix que estiga doblegat. Açò és perquè la refracció dels raigs de llum en travessar la superfície de separació aigua-aire, fa que percebem la punta del palet en una posició diferent de la que es troba en realitat.

Ara mireu ací: Posem una moneda dins d'un recipient buit i ens situem en un punt on no es veja la moneda. Al omplir d'aigua el recipient, la moneda apareix.

Les dues il·lusions òptiques les podem explicar si fem el traçat dels rajos, el raig de llum que ix de l'objecte submergit, al arribar a la superfície de separació aire-aigua, es refracta. El nostre cervell situa l'objecte en la direcció en què l'ull rep els rajos lluminosos, per això s'observa com si estiguera més amunt.

També, si col·loquem la moneda baix d'un got, podem veure-la, però si plenem d'aigua el got, observem que desapareix degut a que el raig de llum que ix de la moneda ha patit una reflexió múltiple: vidre, aigua, vidre i aire, de manera que el raig no arriba al nostre ull.

Pel mateix motiu que ha explicat abans Marta, ens sembla que un objecte dins de l'aigua està més a prop del que realment es troba. Quan plenem d'aigua el got, sembla que el peix s'acosta.

En aquest got tenim aigua i oli. Al posar un llapis dins, pareix trencat en tres trossos, degut també a la refracció de la llum quan travessa tres medis amb diferent índex de refracció: aire, oli i aigua.

Finalment, podem observar que quan col·loquem una vareta de vidre dins d'un got ple d'oli de gira-sol, la veiem perquè l'índex de refracció de l'oli és diferent al del vidre, però si els índexs de refracció són iguals, com és el cas de l'oli de gira-sol i el vidre-pirex, els raigs de llum no pateixen desviació i, per tant, l'objecte en aparença es fa invisible. Això també passa amb les boletes d'hidrogel, que té el mateix índex de refracció de l'aigua.

Altre fenomen que podem explicar amb la refracció de la llum és la dispersió de la llum blanca. La dispersió de la llum es produeix quan un raig de llum blanca (la que procedeix, per exemple, del Sol) travessa un prisma transparent i es refracta deixant veure els colors que la formen. A la natura la funció de prisma la fan les gotes d'aigua de pluja, i com a conseqüència de la dispersió de la llum es forma l'Arc de San Martí.

6.- Conclusions

Una aplicació directa del que hem estudiat són les lents. Estan basades en el diferent grau de refracció que experimenten els raigs de llum en incidir en punts diferents de la lent.

Poden ser convergents i divergents. Les lupes són lents convergents. Una ampolla plena d'aigua també es comporta com a lent convergent.

Les característiques de les imatges que formen les lents convergents depenen on estiga situat l'objecte. Els objectes llunyans es veuen invertits i més xicotets. Els objectes pròxims es veuen més grans i drets.

Les lents divergents sempre formen imatges xicotetes dels objectes.

7.- Bibliografia y agraïmentss

BIBLIOGRAFIA

<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Optica/Optica-3.htm>

<http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/optica/html/optica.html>

<http://www.librosmaravillosos.com/fisicarecreativa1/capitulo08.html>

<http://www.cientec.or.cr/ciencias/experimentos/optica.html>

http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/instrumentos_opticos/instrumentos_opticos2.pdf

AL VOLTANT DE LA REFRACCIÓ

DE LA LLUM

**PROJECTE
PRESENTAT AL CONCURS
EXPERIMENTA PER:**

Gábor P. Fódor
Eva Izquierdo
Marta Mateo
Jorge Tárraga

IES MASSAMAGRELL
Professores: Mónica Pérez i Eva Pérez

OBJECTIU

Amb aquest projecte anem a estudiar diversos fenòmens relacionats amb la refracció de la llum. Els muntatges que hem fet són:

- Determinació de l'índex de refracció de l'aigua i de l'oli per aplicació de la llei de Snell.
- Determinació de l'angle límit de l'aigua: Reflexió total de la llum i fonament de la fibra òptica.
- Explicació, amb la refracció de la llum, de diferents il·lusions òptiques (palet trencat, desaparició d'objectes... etc)
- Explicació del fenomen de la dispersió de la llum en un prisma. L'Arc de San Martí.
- Lents: Aplicació de la refracció de la llum.

MATERIAL UTILITZAT

Els materials que hem utilitzat són tant del laboratori de física com material que podem trobar en casa:

- Banc d'òptica
- Punters làser
- Lents convergents i divergents
- Prismes
- Cubetes de plàstic amb tapa
- Gots de vidre
- Tubs d'assaig de pyrex
- Palets de fusta
- ...

Els muntatges apareixen fotografiats en les experiències que hem realitzat.

REFRACCIÓ DE LA LLUM

Quan la llum passa d'un medi transparent a un altre es produeix un canvi en la seua direcció a causa de la distinta velocitat de propagació que té la llum en els diferents medis materials. A aquest fenomen se l'anomena **REFRACCIÓ**.

Si dividim la velocitat de la llum en el buit entre la que té en un medi transparent obtenim un valor que anomenem índex de refracció d'aquest medi.

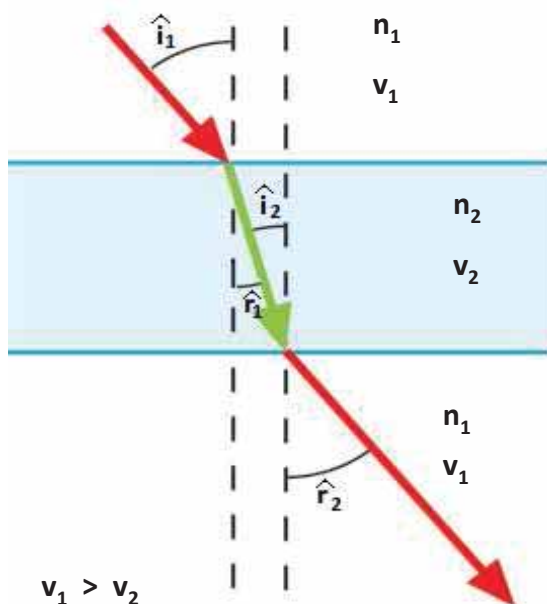
$$n = \frac{c}{v}$$

n: índex de refracció

c: velocitat de la llum en el buit

v: velocitat de la llum en el medi material

ANGLES D'INCIDÈNCIA I DE REFRACCIÓ



El fenomen de la refracció es regeix per la llei de la refracció o llei de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

(n_1 i n_2 són els índex de refracció dels medis 1 i 2 respectivament i i és l'angle d'incidència i r és l'angle de refracció).

Si la llum passa d'un medi més ràpid a un altre més lent l'angle de refracció és menor que el d'incidència:

$$i_1 > r_1$$

Si passa d'un medi més lent a un altre més ràpid, succeeix el contrari:

$$i_2 < r_2$$

DETERMINACIÓ DE L'ÍNDEX DE REFRACCIÓ DE L'AIGUA I DE L'OLI

Utilitzem un làser que fem incidir sobre una cubeta amb aigua (o oli) i fotografiem els raigs incident i refractat.

Per visualitzar el raig en l'aire omplim la cubeta de fum. Per visualitzar el raig en l'aigua afegim unes gotes de llet.



CÀLCUL DE L'ÍNDEX DE REFRACCIÓ DE L'AIGUA



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i = 30^\circ$$
$$r = 22^\circ$$

$$n_{\text{aire}} = n_1$$

$$n_{\text{aigua}} = n_2 = ?$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin 22^\circ} = 1,335$$

$$n_2 = 1,335$$

Determinem els angles d'incidència i de refracció i calculem l'índex de refracció de l'aigua. El valor obtingut és:

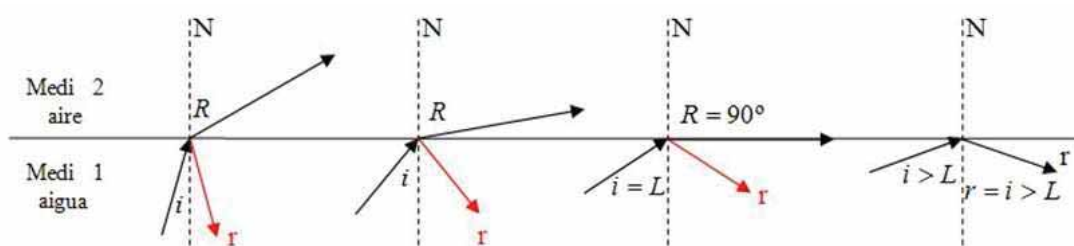
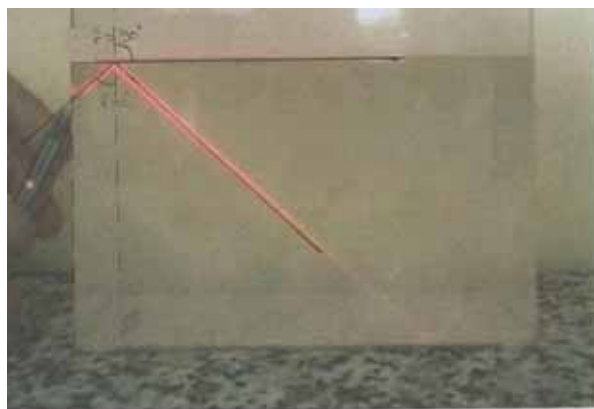
$$n = 1,335$$

(pràcticament el mateix que el valor teòric)

ANGLE LÍMIT I FIBRA ÒPTICA

Quan la llum passa d'un medi a un altre on la velocitat de propagació és més gran (menor índex de refracció) el raig refractat sempre és més gran que el d'incidència, i a mesura que augmenta l'angle d'incidència, i , l'angle de refracció, r , augmenta també, fins que arriba un punt en què l'angle de refracció és de 90° . L'angle d'incidència al qual correspon $r = 90^\circ$ s'anomena **ANGLE LÍMIT**.

Si un raig incideix amb un angle major que l'angle límit, es produeix el fenomen de la reflexió total. Aquest és el fonament de la **FIBRA ÒPTICA**.



IL·LUSIONS ÒPTIQUES PROVOCADES PER LA REFRACCIÓ: Palet trencat

Si submergim un palet parcialment en aigua i ho observem des de dalt, sembla que està doblegat. Això és perquè la refracció dels raigs de llum en travessar la superfície de separació aigua-aire, fa que percebem el llapis en una posició diferent de la que es troba en realitat.



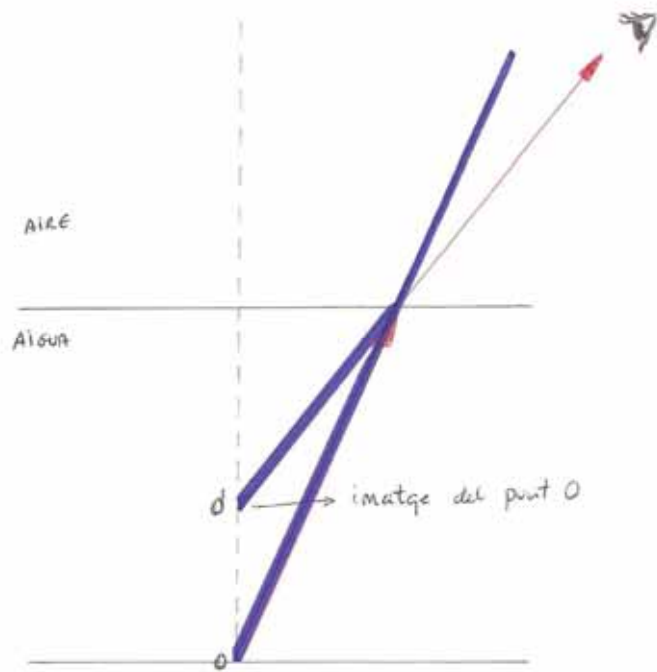
Els objectes –dins de l'aigua- s'apropen

De la mateixa manera, una persona de peu dins l'aigua li sembla tindre els peus més prop. També podem observar que qualsevol objecte submergit dins de l'aigua pareix estar més a prop de la superfície del que en realitat està. Els raigs que ixen dels peus o de l'objecte es doblen en la superfície. El cervell de l'observador suposa que els rajos viatgen en línia recta i per això sembla que aquestos objectes estan més amunt del que en realitat estan.



Explicació dels dos fenòmens

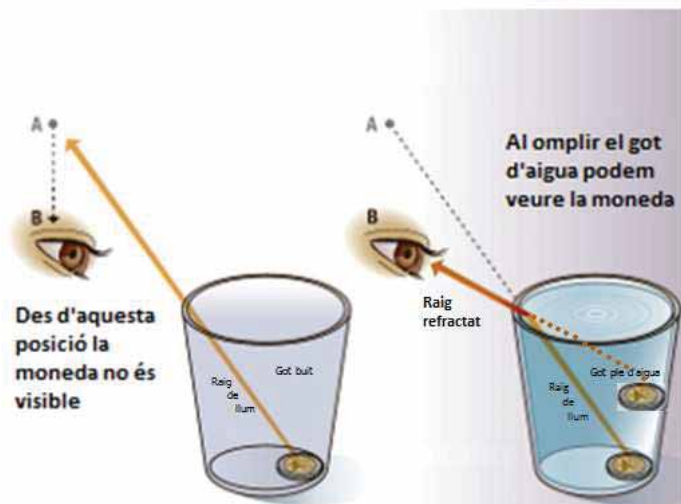
Per l'observador situat en l'aire, l'objecte situat en l'aigua sembla estar més a prop de la superfície de separació del que està en realitat. Com poder veure per el traçat del rajos, el raig de llum que ix de la punta de l'objecte, al arribar a la superfície de separació aire-aigua, es refracta. El nostre cervell situa l'objecte en la direcció en què l'ull rep els rajos lluminosos, per això s'observa el palet com si estiguera doblegat, o, en general, els objectes de dins de l'aigua com si estigueren més amunt.



Monedes que apareixen i desapareixen

Una moneda al fons d'un recipient buit està oculta pel tall del recipient. Omplint lentament el recipient amb aigua la moneda apareix poc a poc, fins observar-se per complet.

Això es deu al fet que quan el recipient està buit, no es pot veure la moneda perquè la llum blanca que parteix de la moneda xoca contra el tall del recipient, impedit que arribi fins al nostre ull. Però en canvi, quan omplim el recipient d'aigua, la llum que ix de la moneda es refracta en la superfície de l'aigua, cosa que fa que arribi al nostre ull.



Objectes invisibles

Podem veure objectes transparents, en un mitjà transparent, perquè la llum experimenta refracció.

Quan col·loquem un objecte de vidre dins d'un got ple d'un líquid transparent (oli, aigua...), podem observar les seves vores perquè l'índex de refracció del líquid és diferent al del vidre.

Si els índexs de refracció són iguals, els raigs de llum no pateixen desviació, per tant, no podríem veure les vores del vidre i com és un objecte transparent en aparença seria invisible.

Es tracta de trobar un líquid que tinga el mateix índex de refracció que el vidre. En el nostre cas l'oli de gira-sol i el vidre Pyrex tenen el mateix índex de refracció, per tant aquest tipus de vidre és "invisible" quan es troba dins de l'oli. El resultat és el mateix si fem servir oli corporal per a nens (per exemple, oli Johnson).

Si utilitzem aigua, en comptes d'oli, el got continua veient-se. Això és degut a que l'aigua i el vidre Pyrex tenen diferent índex de refracció.



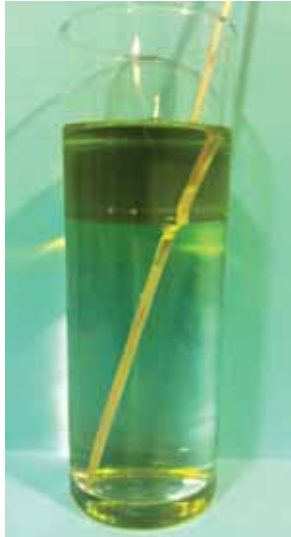
Objectes invisibles

El mateix passa si introduïm perles d'hidrogel a l'interior d'un got ple d'aigua. Com els índexs de refracció del hidrogel i l'aigua són iguals, les perles es tornen invisibles.



LA REFRACCIÓ EN DIFERENTS MEDIS

La llum passa per tres medis diferents: l'aire, l'oli i l'aigua i en cadascun d'ells viatja amb diferent velocitat, per això veiem el palet trencat en tres trossos. L'índex de refracció de l'oli és major que el de l'aigua, per això, el trencament –la desviació dels raigs refractats- és major.



De la mateixa manera, si posem una moneda baix d'un got de vidre la podem veure. Però en omplir el got d'aigua, la moneda desapareix.

El raig de llum procedent de la moneda també pateix una refracció triple: es refracta en el vidre, en l'aigua i una altra vegada en el vidre, de manera que no arriba als nostres ulls.

DISPERSIÓ DE LA LLUM

La llum procedent del Sol es coneix com a llum blanca, i és una superposició de llums de diferents colors, cadascuna amb una longitud d'ona i una freqüència característiques. Quan un raig de llum blanca travessa un prisma transparent es refracta mostrant, a l'eixida d'aquest, els respectius colors que la constitueixen. A aquest fenomen se li denomina **DISPERSIÓ** de la llum.

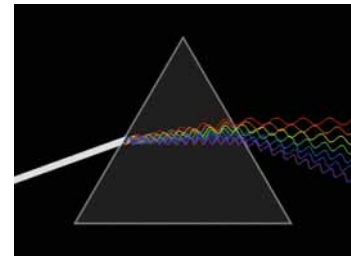
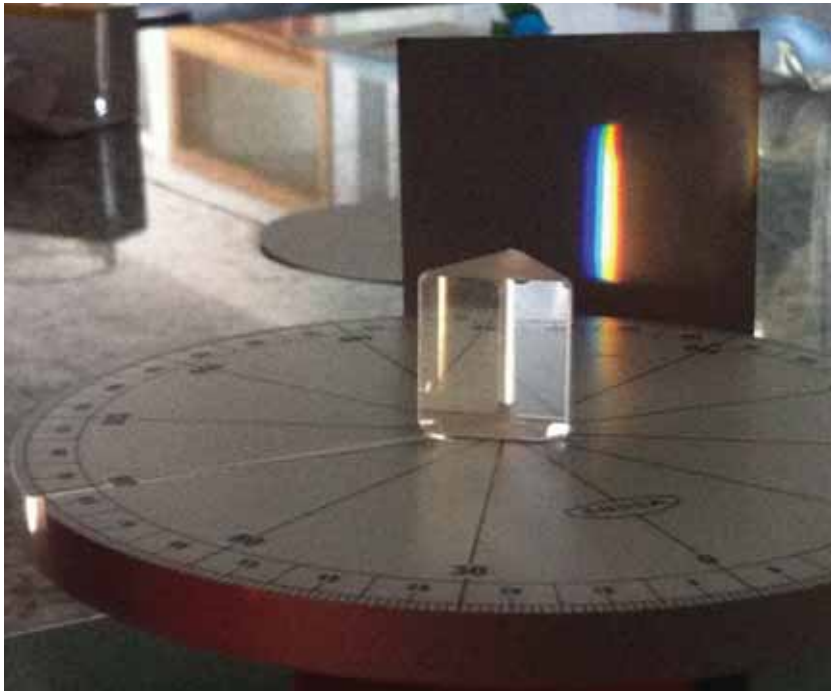
La velocitat de la llum en el buit és la mateixa per a totes les longituds d'ona, mentre que en qualsevol altre material, aquesta velocitat varia amb la longitud d'ona: major velocitat a major longitud d'ona. L'índex de refracció és:

$$n = c / v$$

Com que **n** depèn de la velocitat, també depèn de la longitud d'ona, per tant, cada color es refractarà de manera diferent i la llum blanca es dispersarà.

n disminueix quan augmenta la longitud d'ona, per tant, les longituds d'ona més llargues (roig) es desvien menys que les curtes (violeta).



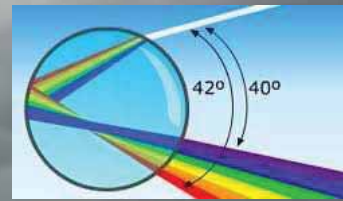


La llum blanca es descompon en aquests colors principals: Roig (el color que pateix la menor desviació), ataronjat, groc, verd, blau i violeta (el color que pateix la major desviació)



A la Natura es pot observar aquest fenomen quan ens trobem entre el Sol i una zona de pluja. El que es veu és l'arc de Sant Martí.

FORMACIÓ DE L'ARC DE SANT MARTÍ



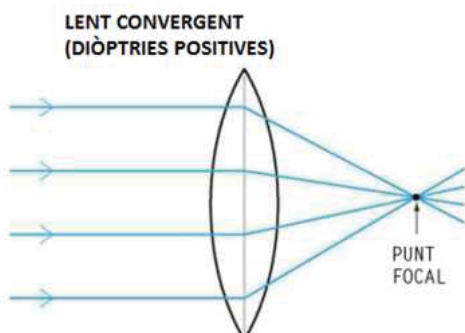
Un raig de llum blanca incideix sobre una gota d'aigua, es refracta a la cara anterior penetrant en la gota, en la superfície posterior es reflecteix i torna a refractar-se novament per eixir a l'aire. Els diferents colors ixen de la gota formant un angle entre 40° i 42° amb la llum blanca incident

LENTS

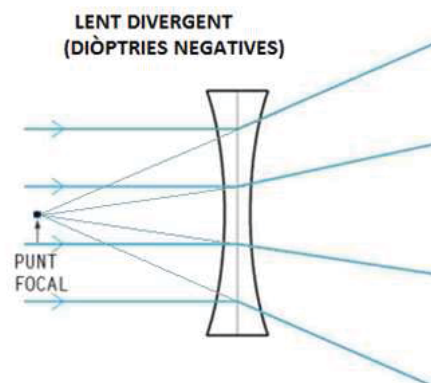
Las lents són objectes transparents (normalment de vidre) limitats per dues superfícies de les quals almenys una és corba. Es basen en el diferent grau de refracció que pateixen els rajos de llum al incidir en punts diferents de la lent.

Poden ser convergents o divergents, depenent de la refracció que experimenten els rajos de llum que passen per elles i de les imatges que formen.

LENTS CONVERGENTS



LENTS DIVERGENTS



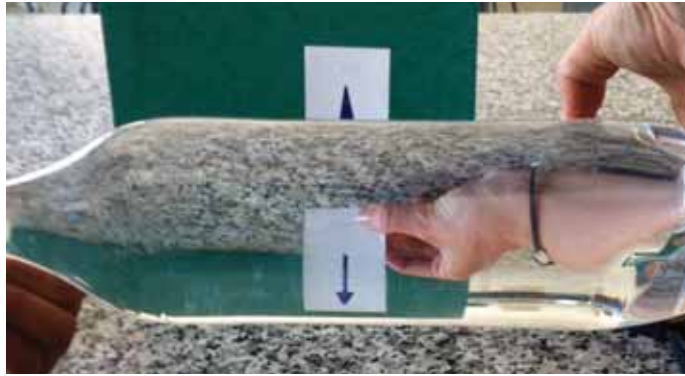
A la foto tenim lents convergents i divergents. Una ampolla de plàstic plena d'aigua es comporta com a lent convergent. Una lupa és també una lent convergent.



FORMACIÓ DE IMATGES

LENTS CONVERGENTS: Les característiques de les imatges depenen on estiga situat l'objecte. Els objectes llunyans es veuen invertits i més xicotets. Els objectes pròxims es veuen més grans i drets.





Una ampolla de plàstic plena d'aigua es comporta com a lent convergent:

LENTS DIVERGENTS: Les imatges sempre es veuen dretes i més xicotetes.

