

● Experiència

Dissenyem un telescopi

Fa alguns, bastants anys en Galileo va utilitzar telescopis que ell mateix va construir per observar la Lluna, els quatre satèl·lits més grans de Júpiter (per això anomenats *galileans*) i altres astres, per poder reafirmar la seva visió heliocèntrica del sistema solar.

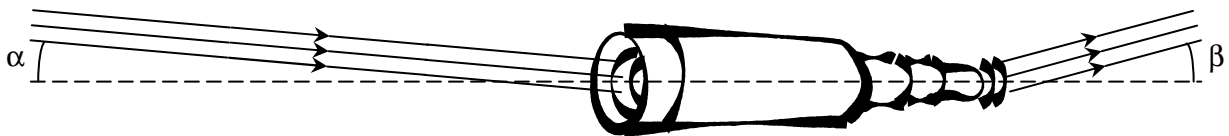
Ara, nosaltres, uns quants segles després, aprendrem també a dissenyar i a construir telescopis.

Per començar

Un telescopi (refractor) és un aparell òptic que està compost, en el seu format més senzill, per dues lents primes i esfèriques: l'objectiu, a través del qual entra la llum, i l'ocular, per on observem amb el nostre ull.

Com que volem observar objectes molt llunyans (estrelles, galàxies, la Lluna, els planetes...), la llum que ens arriba forma un feix de raigs paral·lels i l'augment del nostre telescopi ve donat per l'augment en l'angle d'observació, tal com es pot observar en la imatge.

L'augment del telescopi coincideix amb el quocient entre les tangents dels angles beta (d'observació) i alfa (d'entrada).



Observeu alguns detalls i completeu les afirmacions següents:

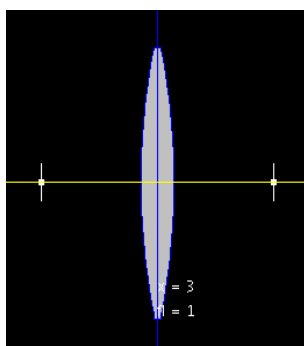
- Els raigs que arriben al telescopi són paral·lels perquè...
- La direcció de la llum s'ha invertit després de travessar el telescopi (angle d'entrada negatiu i angle de sortida positiu), això significa que la imatge que veurem...

Banc òptic virtual

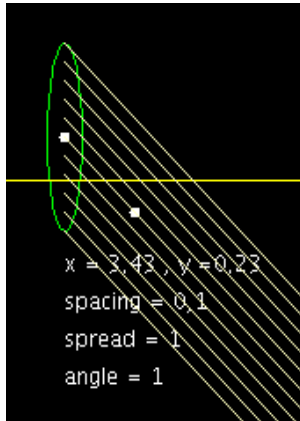
Abans de construir materialment el nostre telescopi, intentarem dissenyar-lo correctament utilitzant un banc òptic virtual (de M. Lee i W. Christian) que podreu trobar a *La Baldufa* <http://baldufa.upc.es/baldufa/fislets/f1fj005/f1fj005.htm>.

Per a la recerca utilitzeu lents convergents de focals +2, +1,2, +0,4 i +0,2.

Alguns detalls que cal tenir en compte...



Observeu que quan situeu una lent els dos nombres ($x = 3$, $f = 1$) corresponen a la posició del centre de la lent i a la seva focal. En aquest cas, els dos focus estarien situats, per tant, en les posicions $x = 2$ i $x = 4$ del banc òptic.



En el cas d'una font extensa de llum (*beam*) els primers números (x , y) corresponen a la posició del centre de la font i el darrer (*angle*), correspon a la tangent de l'angle dels raigs. En el cas de la figura del costat, $angle = 1$ correspon a la tangent de l'angle de 45° , que és l'angle real dels raigs.



Amb el botó dret podem mesurar angles (aquesta vegada en graus!). Això ens facilitarà el càlcul de l'angle dels raigs de sortida del telescopi; i si volem, també els d'entrada.

I ara...

Situeu d'entrada una font extensa de llum (*beam*) amb feix de raigs paral·lels amb un angle petit, per exemple $angle\ 0,1$, que seria un angle real de $5,7^\circ$ ($arctan\ 0,1$).

Seguidament, escolliu les dues lents –l'objectiu i ocular- adequades i col·loqueu-les en la situació que considereu convenient per aconseguir un telescopi (raigs d'entrada paral·lels i raigs de sortida també paral·lels, però amb un angle superior).

Si ja ho heu aconseguit, mesureu els angles d'entrada i els angles de sortida, feu-ne el quocient, mesureu les focals de les dues lents, observeu també la distància de separació de les lents.

Després, intenteu aconseguir el mateix canviant una de les lents i variant-ne posicions. Torneu a mesurar els angles, feu-ne el quocient i mesureu-ne les focals i la distància.

Per últim, ompliu la taula següent correctament. Segur que us ajudarà a treure alguna conclusió sobre la construcció de telescopis.

<i>tg (angle)</i>			<i>Focal</i>			<i>Longitud telescopi</i>
<i>Sortida</i>	<i>Entrada</i>	<i>Quocient</i>	<i>Objectiu</i>	<i>Ocular</i>	<i>Quocient</i>	

Conclusions

Crec que ara esteu en condicions de treure conclusions de la vostra experimentació virtual. Intenteu completar les frases següents:

1. Si utilitzem dues lents de focals conegudes f_{objectiu} i f_{ocular} , l'augment del telescopi...
2. La distància de separació entre l'objectiu i l'ocular en un telescopi...

Construïm-lo...

Bé, ja sabem dissenyar correctament un telescopi, anem-lo a construir.

En els equips d'òptica del laboratori (ara real!) disposem de lents convergents de focals +300 mm, +200 mm, +100 mm i + 50 mm.

Feu, dins del requadre següent, un esquema clar del telescopi que construïreu:

- a. Quines lents utilitzareu com a objectiu i ocular.
- b. En quina posició exacta les situareu perquè l'aparell sigui un telescopi.
- c. Quin augment tindrà el telescopi.



Preguntes

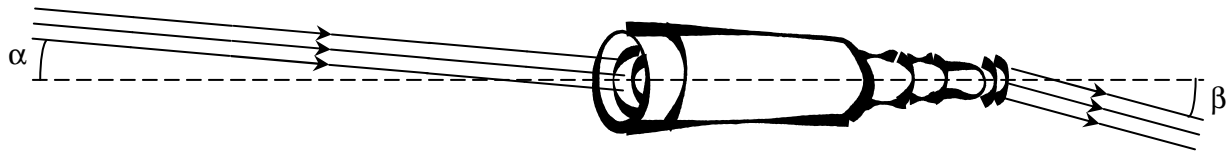
Ara podeu respondre les preguntes següents:

1. Com construiríeu un telescopi de molts augments (per exemple 200 o 300)?
2. Quins problemes us sembla que pot tenir la construcció de telescopis cada vegada amb més augments?

3. La majoria de telescopis tenen l'ocular intercanviable (dos o tres lents diferents), han de tenir, però, un mecanisme d'enfocament que permeti moure endavant i endarrera l'ocular. Podeu explicar-ne el perquè?

I encara més...

Amb el laboratori virtual podeu intentar dissenyar un telescopi terrestre, és a dir, que no inverteixi la imatge. Observeu el dibuix.



Per fer-ho podeu utilitzar les lents convergents d'abans i també lents divergents de focals -2 , $-1,2$, $-0,4$ i $-0,2$.

Si ho aconsegiu escriviu-ne les conclusions.

Apa, que hi hagi sort!

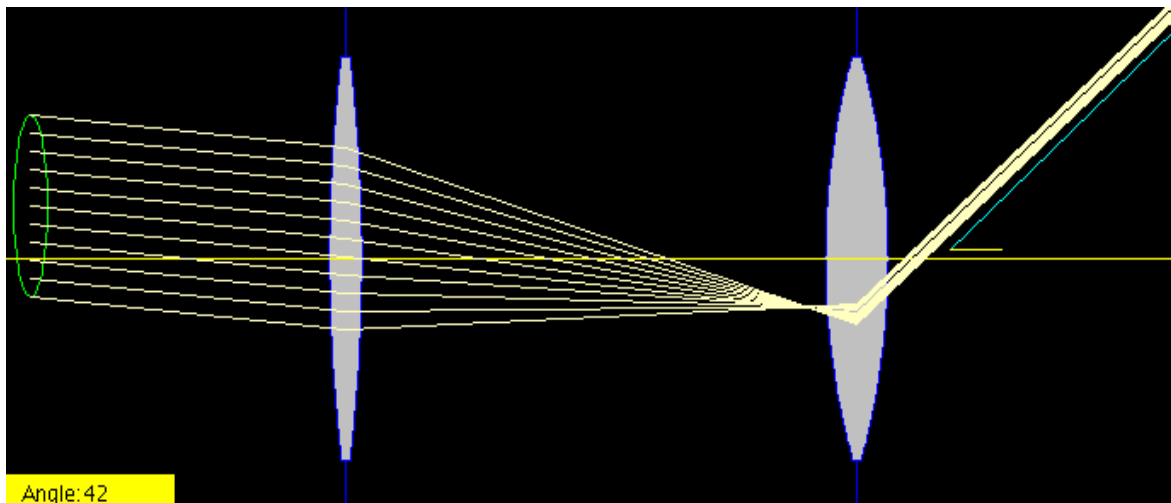
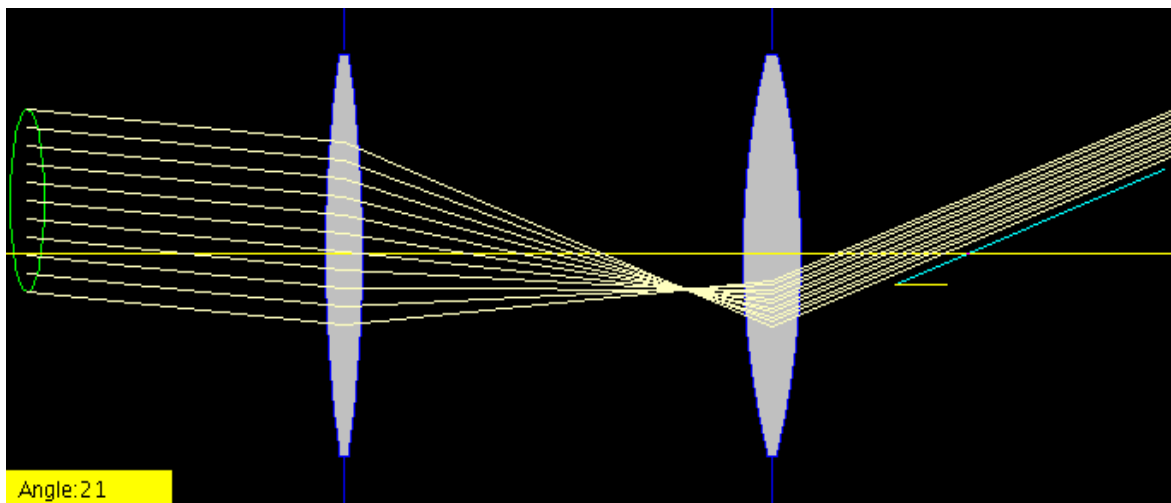
Solucions... per al professorat

Observeu alguns detalls i completeu les afirmacions següents:

- Els raigs que arriben al telescopi són paral·lels perquè...
provenen d'objectes molt llunyans.
- La direcció de la llum s'ha invertit després de travessar el telescopi (angle d'entrada negatiu i angle de sortida positiu) això significarà que la imatge que veurem...

és invertida respecte l'objecte que observem. En l'esquema, l'objecte està situat per sobre de l'eix horitzontal i els raigs que surten del telescopi ho fan com si vinguessin d'un punt llunyà, però per sota de l'eix.

Un parell de construccions amb el banc òptic virtual i les dades corresponents a la taula:



<i>tg (angle)</i>			<i>Focal</i>			<i>Longitud</i>
<i>Sortida</i>	<i>Entrada</i>	<i>Quocient</i>	<i>Objectiu</i>	<i>Ocular</i>	<i>Quocient</i>	<i>telescopi</i>
$\text{tg}(21^\circ) = 0,38$	$0,1 = \text{tg}(5,71^\circ)$	$0,38 / 0,1 = 3,8$	2	0,5	4	2,5
$\text{tg}(42^\circ) = 0,9$	$0,1 = \text{tg}(5,71^\circ)$	$0,9 / 0,1 = 9$	2,7	0,3	9	3

Conclusions

Crec que ara esteu en condicions de treure conclusions de la vostra experimentació virtual. Intenteu completar les frases següents:

1. Si utilitzem dues lents de focals conegudes f_{objectiu} i f_{ocular} , l'augment del telescopi...
correspon al quocient entre els dos valors. $\text{Augment} = f_{\text{objectiu}} / f_{\text{ocular}}$.
2. La distància de separació entre l'objectiu i l'ocular en un telescopi...
és la suma de les dues focals de les lents ($f_{\text{objectiu}} + f_{\text{ocular}}$).

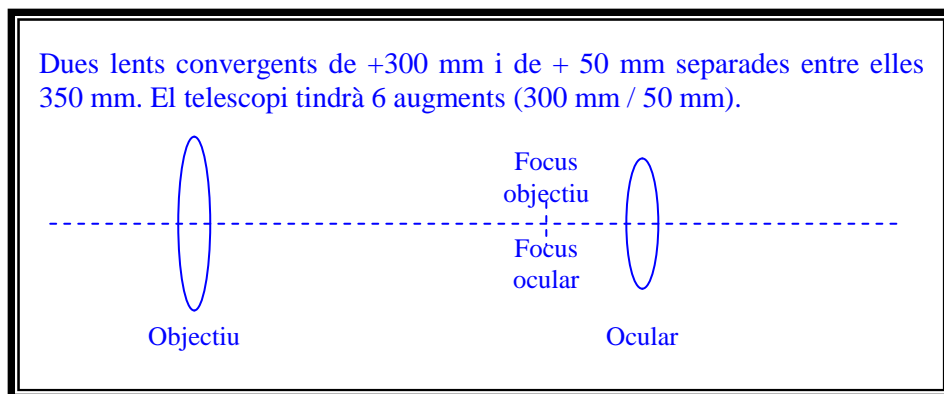
Construïm-lo...

Bé, ja sabem dissenyar correctament un telescopi, anem-lo a construir.

En els equips d'òptica del laboratori (ara real!) disposem de lents convergents de focals +300 mm, +200 mm, +100 mm i + 50 mm.

Feu, dins del requadre següent, un esquema clar del telescopi que construïreu:

- a. Quines lents utilitzareu com a objectiu i ocular?
- b. En quina posició exacta les situareu perquè l'aparell sigui un telescopi?
- c. Quin augment tindrà el telescopi?



Preguntes

Ara podeu respondre les preguntes següents:

1. Com construïríeu un telescopi de molts augments (per exemple 200 o 300)?
Construint-lo amb dues lents de focals molt diferents, per exemple: l'objectiu de 800 mm i l'ocular de 4 mm de focal (200 augments).
2. Quins problemes us sembla que pot tenir la construcció de telescopis cada vegada amb més augments?

Per incrementar els augments tenim dues possibilitats: l'objectiu de focal molt gran (problema: longitud molt gran del telescopi) o l'ocular de focal molt petita (problema: la lent tindrà molta aberració, és a dir, provocarà distorsió de la imatge).

Un altre problema és el de la lluminositat: per incrementar-la cal un objectiu de gran diàmetre i això encareix l'objectiu i en dificulta la fabricació.

3. La majoria de telescopis tenen l'ocular intercanviable (dues o tres lents diferents), han de tenir, però, un mecanisme d'enfocament que permeti moure endavant i endarrere l'ocular. Podeu explicar-ne el perquè?

Si l'ocular no té sempre la mateixa focal, aleshores cal variar la distància entre l'objectiu i l'ocular per enfocar correctament els objectes situats a l'infinit. Recordem que aquesta distància (llargada del telescopi) correspon a la suma de les dues focals.

Si el telescopi s'utilitza per observar objectes que no estan situats en l'infinit, aleshores el mecanisme d'enfocament permetrà obtenir una imatge nítida de l'objecte.

I encara més...

Per fer-ho podeu utilitzar les lents convergents d'abans i també lents divergents de focals -2 , $-1,2$, $-0,4$ i $-0,2$.

En aquest cas, caldria posar l'objectiu convergent i de focal gran i l'ocular divergent i de focal petita, també han de coincidir els dos focus de les lents (l'ocular és divergent i, per tant, en l'exemple de sota té el focus a la dreta) i la longitud del telescopi seria $f_{\text{objectiu}} - f_{\text{ocular}}$. L'augment continuaria essent el quocient entre les dues focals. Observeu la figura, amb valors $+2,7$, $-0,3$ i, per tant, 9 augments (sense inversió de la imatge).

Observeu la construcció virtual:

