

Les ones sonores donen la volta a les cantonades de les cases.

# La llum – reina del nanounivers

T'has preguntat alguna vegada com pots sentir a algú parlar encara que es trobi a l'altre costat de la cantonada d'un edifici? Quan les ones sonores arriben a la cantonada de l'edifici, es dispersen en totes direccions, fins i tot a l'altre costat de la cantonada. Aquest fenomen es coneix amb el nom de «difracció». Segurament has sentit alguna vegada que la llum també és una ona. Si pots sentir a algú que està a l'altra banda de la cantonada, per què no pots veure-la?

De fet, les ones de llum *dobleguen* les cantonades de les cases. Però hi ha una gran diferència d'escala: les ones de llum són un milió de vegades més petites que les ones sonores. Per aquest motiu el seu efecte és tan imperceptible que no podem apreciar la llum que doblega la cantonada de la casa (que és molt més gran). Per altra banda, podem observar aquest fenomen si col·loquem un objecte molt petit en la trajectòria d'un raig làser, es produeix un interessant patró de llum darrere l'objecte. Aquest patró de llum es produeix perquè la llum envolta l'objecte, de la mateixa manera que les ones sonores dobleguen la cantonada d'una casa.

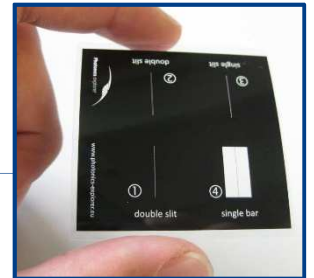
Comprendre aquest fenomen ens permet mesurar objectes molt petits. Per tant, podem utilitzar la llum com si fos un regle per mesurar objectes a escala micromètrica i nanomètrica. En els següents experiments, per exemple, utilitzarem l'efecte de la difracció per mesurar l'amplada del teu propi pèl.

**Material necessari:** làmina amb esclatxes, una pantalla, un foli enganxat a una carpeta o caixa, un làser, molla d'un bolígraf.



Només està permès realitzar els següents experiments si es compleixen les **normes de seguretat del làser**.

**Preparació:** col·loca una pantalla d'almenys 8 cm d'ample, com un foli enganxat a una carpeta o a una caixa. Col·loca el làser a aproximadament un metre de distància i encén-lo. Hauries de veure un petit punt brillant enmig de la pantalla. Apaga el làser i agafa amb compte la làmina negra per les vores. Procura no ratllar la làmina ni deixar empremtes en ella. En els camps marcats amb i veuràs una línia transparent (esclatxa) i una altra de fosca, respectivament. Les dues són més o menys igual d'amples.



Utilitza la làmina amb compte



**1** Col·loca la làmina en la trajectòria del raig làser de tal manera que aquest incideixi en el centre de la línia transparent de . La làmina ha d'estar a un metre de la pantalla.

Dibuixa el **patró de llum** que veus a la pantalla en el requadre . Substitueix la línia transparent per la línia fosca del camp . Dibuixa el segon patró de llum que veus en el requadre que es troba sota l'anterior. L'escala t'ajudarà a fer un dibuix proporcional.



esclatxa



barra



**2** Què observes en comparar ambdós patrons?

---



---



**3** La **fórmula** per calcular les posicions dels punts brillants, anomenats ordres de difracció, es troba de forma similar a la de la doble esclatxa. De totes maneres, en els experiments amb una sola esclatxa i una barra és més fàcil calcular les **posicions dels mínims**, que són les zones fosques del patró de difracció:

$$\frac{\text{amplada de l'esclatxa o la barra } (d)}{\text{longitud d'ona de la llum làser } (\lambda)} = \frac{\text{distància entre el primer mínim i el punt central } (a)}{\text{distància entre la làmina i la pantalla } (b)}$$

- No sempre resulta fàcil localitzar els primers mínims a la pantalla. Per aconseguir una mesura més precisa, és preferible mesurar la distància entre els dos segons mínims a l'esquerra i la dreta del centre, respectivament, i dividir el resultat entre 4.



4) Amb ajuda d'aquest artefacte experimental i la fórmula, podràs mesurar objectes diminuts, com cables molt fins o **cabells**. Comprova-ho! Apaga el làser i enganxa un pèl a la part frontal amb massilla blava o cinta adhesiva, com es mostra a la il·lustració. Pregunta al teu professor/a la longitud d'ona del làser, mesura les altres magnituds que necessites i calcula l'amplada del pèl. Com pots fer que la teva mesura sigui el més precisa possible?



Pèl en la trajectòria del raig làser

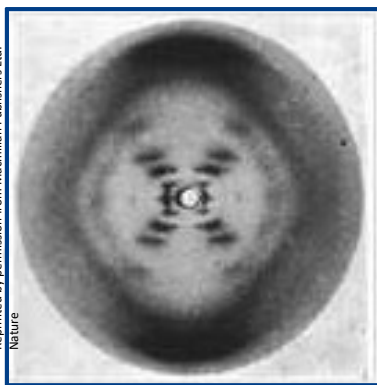


longitud d'ona de la llum làser: \_\_\_\_\_  
 distància entre el pèl i la pantalla: \_\_\_\_\_

objecte	distància del primer mínim al centre	ample
El meu pèl		



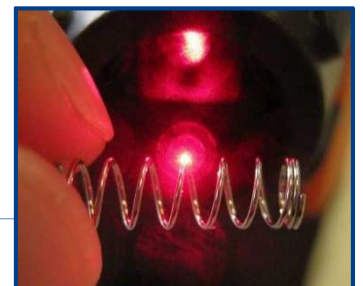
5) Els patrons de difracció també permeten estudiar l'estructura d'objectes diminuts. Prova d'això és el descobriment de l'**estructura de doble hèlice de l'ADN**. ADN són las sigles d'una molècula del nucli de les cèl·lules que conté la informació genètica que determina com són els éssers vius. L'any 1952, Rosalind Franklin va enregistrar el patró de difracció de l'ADN (en forma de sal sòdica) que pots veure a l'esquerra. Aquesta imatge va saltar a la fama quan James Watson y Francis Crick la van utilitzar per provar que les molècules que formen els nostres gens estan disposades en forma d'hèlice.



Patró de difracció d'un cristall d'ADN



6) Per comprendre aquest experiment, col·loca la **molla** d'un bolígraf a la trajectòria del feix de làser. No oblidis retirar abans el pèl del làser, i tingues compte amb les reflexions de la molla metàl·lica. Pots apreciar un patró similar al de la fotografia presa per Rosalind Franklin?



Molla helicoidal d'un bolígraf en la trajectòria d'un feix làser



7) L'hèlice d'una molècula d'ADN mesura uns 2,5 nm d'ample. És bastant més **petita** que la teva molla, inclús més que la longitud d'ona de la llum làser que has utilitzat. Què creus que va fer Rosalind Franklin per enregistrar el patró de difracció d'una estructura tan minúscula?