

Aprofitant la llum: la visible i la invisible!

Narcís Puigdevall ✉ i Naroa de la Fuente ✉

Estudiants del Màster de Formació del Professorat de Ciències de Secundària, UAB

En aquest article es proposa una seqüència didàctica amb l'objectiu de treballar les ones electromagnètiques a quart d'ESO. La idea general és començar analitzant la llum visible per tal de formular models cada vegada més complexos però amb més potència explicativa, des de les partícules de llum a les ones electromagnètiques. A continuació es treballa la resta de l'espectre electromagnètic, descobrint quines són les aplicacions de la llum invisible parant esment tant a la seva utilitat com als possibles perills associats a cada regió de l'espectre.

Paraules clau: llum, ones, fotons, ones electromagnètiques, perill, cicle d'aprenentatge

Cicles d'aprenentatge i diàleg socràtic

La seqüència es concep com un seguit de cicles d'aprenentatge (fig. 1) en què la fase d'aplicació d'un model condueix a l'exploració del següent, generant així un desenvolupament en espiral.

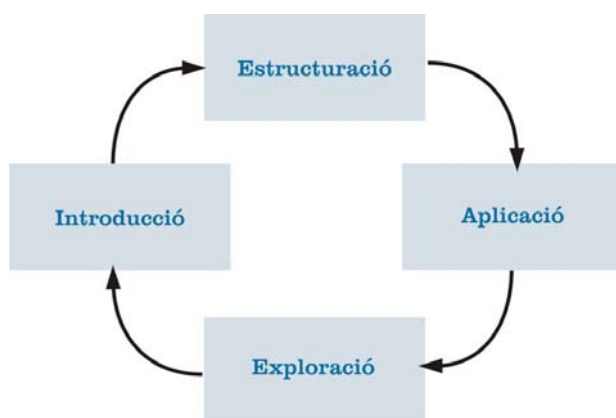


Figura 1. Les fases del cicle d'aprenentatge.

Es tracta de funcionar de manera cooperativa, basant-se en la participació dels alumnes per tal de construir el coneixement entre tots plegats. El dià-

leg socràtic hi té un paper central: partint de situacions o fenòmens concrets o d'experiments, triats seguint una estratègia, i realitzats a classe, s'estableix un diàleg amb l'alumnat per anar generant progressivament, de forma consensuada, un model cada vegada més ben ajustat a la realitat i que sigui aplicable a noves situacions.

La tasca del professor consisteix més en formular preguntes a l'alumnat, més o menys incòmodes, que en donar respostes. Es tracta de fer pensar els alumnes perquè realitzin inferències pel seu compte, que segurament no han fet ni sentit mai: prediccions o explicacions a partir del que imaginem que és el comportament del sistema en estudi.

A partir de les seves respostes en la fase d'exploració es generen noves preguntes que els fan entrar en contradicció amb les seves idees prèvies. És en aquest moment quan l'alumne es troba amb un conflicte cognitiu que crea la necessitat de trobar una nova resposta que es correspongui als fets estudiats, que tingui coherència amb altres idees i que es pugui aplicar també a altres fenòmens. Això condueix a la fase d'introducció, en la que s'aporten noves idees que solucionen el conflicte i obren una nova manera de veure les coses. Aquest nou model es pot sistematitzar i recollir ordenadament a la fase d'estructuració i utilitzar-lo per resoldre noves situacions a la fase d'aplicació.

Activitat inicial

Es proposa un diàleg obert al grup classe basat en algunes imatges d'aparells i fenòmens relacionats amb les ones electromagnètiques. L'objectiu d'aquesta activitat és situar mínimament els alumnes pel que fa als fenòmens que tractarem al llarg de la unitat i mirar d'aprofitar per despertar-los-hi curiositat.

Com que encara no coneixen el concepte d'ona electromagnètica, es presenten un seguit d'aplicacions o objectes relacionats amb aquest tipus d'ones en forma d'imatges (radiografia, ulleres de sol, arc de Sant Martí, ràdio, cuca de llum, microones, telèfon mòbil, imatge d'infraroig...) (fig. 2). Es guien les intervencions mitjançant preguntes envers la relació entre les imatges, el funcionament dels aparells i el possible perill que suposin.

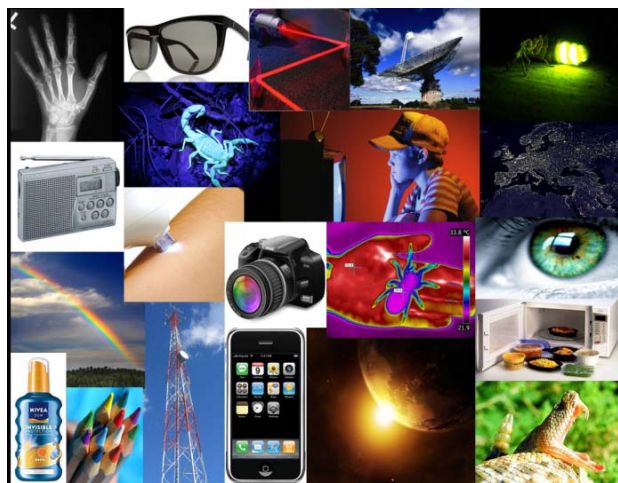


Figura 2. Imatges utilitzades en l'activitat inicial.

Perquè avanci el diàleg es formulen preguntes com:

- Podeu relacionar totes aquestes imatges amb el títol de la unitat?
- Sabríeu explicar com funciona algun d'aquests fenòmens o aplicacions?
- Creieu que estan relacionats d'alguna manera? Si no tots, alguns d'ells?
- Hi ha alguna imatge que no pugueu relacionar amb cap d'altra? Per què?
- Quins d'aquests aparells emeten llum o són sensibles a la llum que capten?
- A on hi ha ones?
- Quins d'ells els considereu perillosos o amb algun risc per a la salut?
- Veieu alguna aplicació que estigui destinada a protegir-nos?

Model 1: la llum són partícules

Exploració

L'activitat inicial haurà servit per començar a entrar en el tema, però ara es tracta d'anar construint el model de llum com a partícules individuals (fotons) començant per fenòmens coneguts i familiars, que caldrà interpretar amb les seves pròpies idees. Les preguntes són com aquestes:

- Per què veiem el company?
- Què passa si apaguem tots els llums? (necessitat d'una font de llum)
- Com interpretar que si amb un làser il·luminem la paret i si posem la mà al mig el feix de llum no hi arriba? (absorció de la llum)
- Com s'adona el cervell que estem veient alguna cosa? (la llum rebota fins que ens arriba als ulls i és detectada, i d'allí surt un impuls nerviós que pot ser interpretat pel cervell)

Introducció

A continuació plantejem una situació (fig. 3) a la pissarra en la qual un feix de llum passa per un forat d'una cartolina i fem el dibuix de la taca de llum que esperaríem veure a la pantalla.

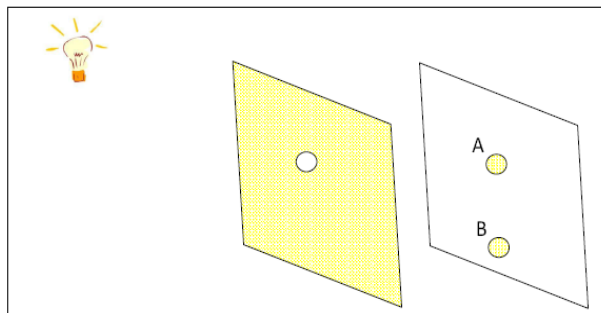


Figura 3. La llum d'una bombeta passa per un forat i va fins a una pantalla.

A partir de la reflexió sobre el que esperaríem i el que observem treballarem la idea de la trajectòria rectilínia de la llum, i del fotó com a partícula que viatja en totes direccions i es reflecteix o absorbeix en topar amb un obstacle.

Podem utilitzar el làser il·luminant un núvol de pols de guix per veure la trajectòria rectilínia que segueix el feix de llum, i també com alguns fotons són reflectits.

Estructuració

S'anoten els punts més importants del model, que serviran de referència en l'aplicació.

Aplicació

Passem a considerar les ombres com a grup de fenòmens on fer funcionar el nou model de fotons.

- Què és una ombra? Com es forma? I una penombra?
- Com és que a la Lluna les ombres es veuen negres?
- Fins a on arriba la llum? (En aquest punt s'introdueix la idea de l'abast de la llum i la dispersió dels raigs a mesura que ens allunyem de la font, minvant la intensitat lluminosa. Ens ajudem d'imatges de cotxes circulant de nit o d'un far encès situat a la costa. També es pot aprofitar l'efecte lluminós que produeixen les senyals de trànsit que apareixen a la imatge per tal de treballar les superfícies reflectants).

Model 2:
la llum són ones

Exploració

Comencem revisant els motius pels que pensem que la llum és feta de partícules (fotons):

- Viatja en línia recta (d'acord amb el principi d'inèrcia)
- Rebota o s'absorbeix en topar amb un obstacle
- No necessita medi material per propagar-se (com ens arriba la llum del Sol?)
- (Llavors, si no hi ha res per vibrar, com es propaga pel buit? De moment, ens quedarem amb el dubte)

Però ara es tracta de veure alguns altres fenòmens que no podem explicar només a partir d'un model de fotons entesos com a partícula:

- Quan dos raigs de llum es creuen no xoquen sinó que continuen propagant-se en línia recta (fem l'experiment amb dos làsers), visions creuades no es molesten...
- La font de llum emet fotons (partícules) constantment però la seva massa no disminueixen.

- al fer passar la llum per dues escletxes esperàvem veure dues franges il·luminades a la pantalla però resulta que n'apareixen més!
- L'experiment de la doble escletxa de Young i la resta de fenòmens ens fan sospitar que realment el model que s'ha formulat fins al moment és insuficient i que cal una alternativa. Quina?

Introducció

A partir del resultat observat es presenta la possibilitat d'explicar-lo mitjançant un model d'ona i analitzant la interferència entre les ones que provenen de les dues escletxes. En això són útils els vídeos i simulacions que hi ha a la xarxa.

Estructuració

En què quedem? La llum és una ona o és una partícula? L'alumnat necessita imaginar alguna cosa concreta, que no sigui contradictòria.

Per això acabem unint els dos models treballats en el que anomenarem comportament ona-partícula de la llum. Això suposa refer la idea de fotó per tal de no entendre'l com una partícula material sinó com un petit fragment d'ona que transporta una certa quantitat d'energia (fig. 4).

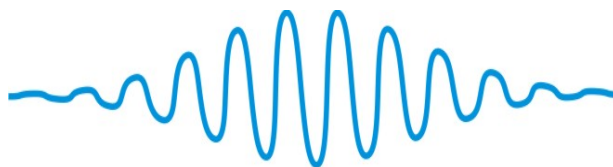


Figura 4. Com imaginem el fotó, essent al mateix temps una ona i una partícula.

Aplicació

Per tal de fer funcionar el model d'ona-partícula hem proposat un treball cooperatiu als alumnes en grups de tres o quatre. A cada grup s'assigna un material i una pauta on s'explica l'experiment que han de realitzar i en què s'han de fixar. Es tracta de treballar conceptes que s'expliquen a través d'aquest model com ara la refracció, la reflexió, l'absorció, la dispersió o la polarització de la llum. Al final, cada grup exposa l'experiment que ha realitzat, els fenòmens (figs. 5 a 10) que ha treballat i l'explicació pertinent mitjançant el model d'ona-partícula.



Figura 5. Experiments de polarització de la llum.



Figura 6. Experiments de dispersió de la llum.

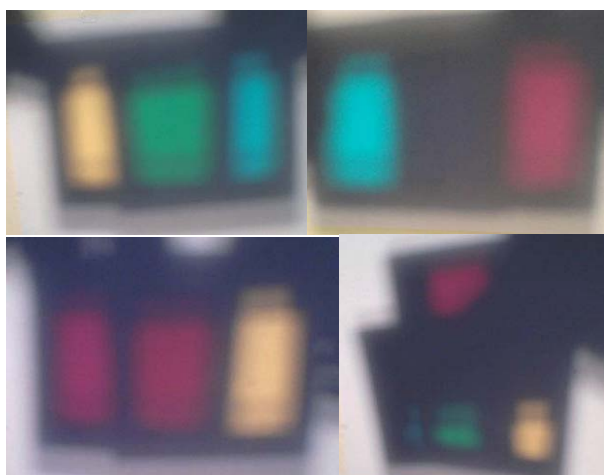


Figura 7. Experiments de subtracció de llum: groc i cian dóna verd, cian i magenta dóna blau, magenta i groc dóna vermell, cian, groc i magenta dóna negre.

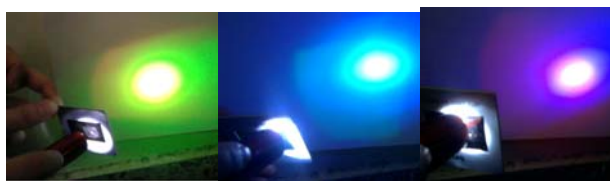


Figura 8. Experiments d'addició de llum: verd i vermell per donar groc, blau i verd per donar cian, blau i vermell per donar magenta.

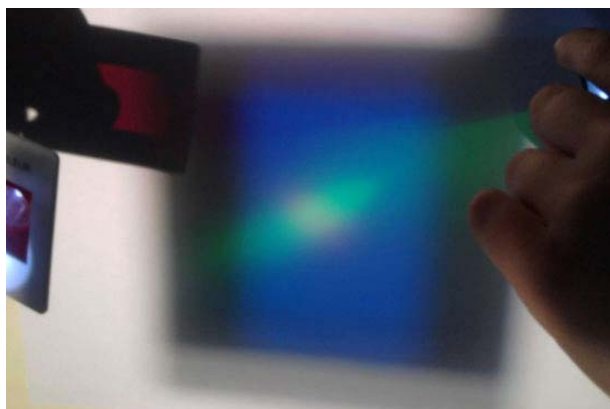


Figura 9. Afegint llum: blau, verd i vermell formen el blanc.

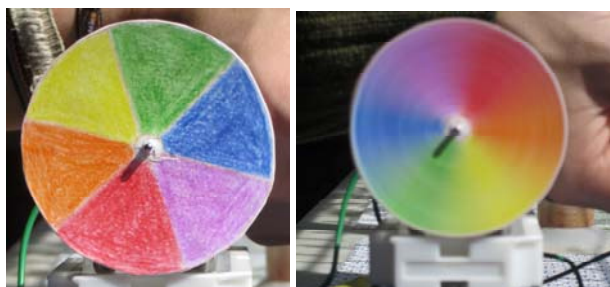


Figura 10. El disc de Newton. Al girar, la càmera digital capta uns colors que la vista no veu.

Tots aquests fenòmens s'expliquen a partir d'únicament dues propietats dels fotons: la seva longitud d'ona (o freqüència) i el seu pla de polarització.

Model 3:
la llum són ones electromagnètiques

Exploració i introducció

Un cop assimilat el funcionament del model ona-partícula ens preguntem quina mena d'ona és la llum. Per tal d'estudiar-ho es treballen els experiments d'Oersted i de Faraday, tot observant l'aparició d'un camp magnètic a partir d'un camp elèctric

i viceversa. Aquests fenòmens es poden observar fàcilment estudiant la interacció entre dos imants i entre un imant i un circuit elèctric.

A continuació es proporciona la velocitat de propagació que Maxwell va calcular teòricament per a les ones electromagnètiques (300.000 km/s). D'aquesta manera podem entendre la llum com una ona electromagnètica que es propaga per l'espai, ja que la velocitat coincideix en ambdós casos.

Estructuració

Ara que hem vist experimentalment que un camp magnètic pot generar un camp elèctric, i també a la inversa, entendrem les ones electromagnètiques com a camps elèctrics i magnètics variables que es propaguen creant-se mútuament (fig. 11).

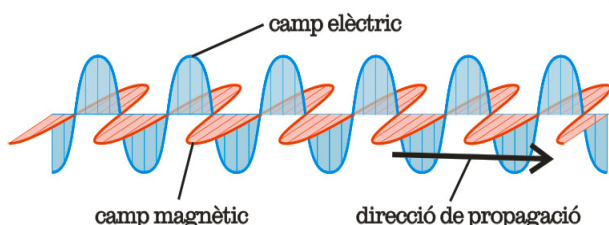


Figura 11. Propagació d'una ona electromagnètica.

D'aquesta manera, la nostra idea del fotó seria ara més o menys aquesta (fig. 12):

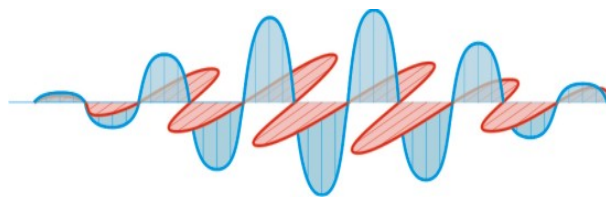


Figura 12. La nostra nova concepció d'un fotó.

A partir del repàs dels conceptes de longitud d'ona, freqüència, velocitat i energia treballats en unitats anteriors s'explica l'espectre de llum visible i es presenta la possibilitat d'allargar aquest espectre a banda i banda obtenint regions de llum invisible i lligant, d'aquesta manera, amb el títol de la unitat (*Aprofitant la llum, la visible i la invisible*).

Per acabar es construeix la totalitat de l'espectre electromagnètic parant esment a les diverses regions, les seves aplicacions i algunes nocions sobre el seu funcionament, energia i possible perill.

Aplicació

A partir de la construcció de l'espectre electromagnètic es relacionen tots els conceptes treballats fent funcionar el model d'ona electromagnètica que hem construït al llarg de les sessions anteriors. Es pot complementar amb la realització d'unes fitxes on s'expliquin els diferents fenòmens relacionats amb la llum visible que s'han vist al treball cooperatiu i la visualització d'un petit vídeo on es repassa l'espectre electromagnètic i les seves aplicacions.

Per acabar, es proposa als alumnes un petit debat sobre la possible perillositat de les microones derivades de l'ús de la telefonia mòbil a partir de dues [notícies](#) de diari amb visions oposades. Els alumnes hauran de discutir-hi, argumentant les seves opinions.