



Explicant el que veus: Model interpretatiu de la llum per primària.

Julià Hinojosa, Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Grup LiEC. Universitat Autònoma de Barcelona.

julia.hinojosa@escolapia.cat

Resum - En aquest treball s'exposen de forma breu les bases d'un potent model interpretatiu de la llum amb una simplicitat que el fa utilitzable a nivell de primària però suficientment robust per a enfrontar-se amb ell a la quotidianitat d'un infant. El model s'ha posat en pràctica, a nivell de prova, en una escola de Barcelona amb bones expectatives.

Paraules clau - model de llum, primària, física de partícules.

Explaining what you see: Interpretive model of light for elementary school.

Abstract - In this work we briefly outline the foundations of a powerful interpretive model of light with a simplicity that makes it usable at the elementary level but robust enough to deal with it in the everyday life of a child. The model has been implemented, at a test level, in a school in Barcelona with good expectations.

Keywords - light model, elementary School, particle phys

INTRODUCCIÓ

El model de llum és un model científic escolar que sempre passem per sobre i que a vegades s'evita perquè sovint es pensa que primer s'ha d'explicar el model d'ones i això ho fa molt incòmode i complex alhora, sobretot a primària. Però la realitat és tossuda i la llum es fa present en el nostre dia a dia i per tant es fa indispensable dotar als més menuts d'un model per poder interpretar-la i seguir mirant i explicant els fenòmens essencials de la física.

El model de llum com a partícules (fotons) és pot conceptualitzar de manera senzilla i amb una formulació simple que es pot complicar fins a incloure'l en el paradigma quàntic. Nosaltres aquí ens limitarem a una formulació que permeti descriure, predir i analitzar el que som capaços de percebre mitjançant la vista i experimentar en el món que ens envolta. La importància d'aquest model resideix en la seva simplicitat, no haurem d'explicar el concepte d'ona, i en l'enorme potència de la seva aplicació.

EL MODEL

El model de llum de partícules consisteix simplement en proposar que tots els cossos, pel sol fet d'estar a una certa temperatura, emeten (radien) partícules de llum (fotons) amb una distribució d'energia que depèn justament de la temperatura del mateix cos. Aquestes partícules es desplacen en totes direccions a la velocitat de la llum (300000 km/s) i en línia recta, donant lloc al que anomenem raig de llum. L'òptica geomètrica s'encarrega d'explicar com es comporten. En concret, les lleis de Snell són les lleis bàsiques d'interacció entre llum i matèria i s'usen per descriure la reflexió i la refracció de llum quan aquesta canvia de medi. És a dir, quan els fotons entren en contacte amb un cos poden passar tres coses. De fet, normalment, passen les tres alhora (figura 1):

- a) Reflexió: els fotons reboten en el cos com si fossin boles de billar xocant contra una banda del tauler. El rebot es produeix de manera que l'angle d'incidència (angle que forma el raig amb la vertical, perpendicular a la superfície de contacte) és exactament igual al de sortida cap a l'altre costat de la vertical, és clar!). Llei de la reflexió.

- b) Absorció: el cos absorbeix els fotons de manera que augmenta la seva temperatura (energia).
- c) Refracció: els fotons segueixen el seu camí en el nou cos o medi, però desviant-se una mica. Cap a on? Depèn de les característiques de cada cos. Llei de la refracció (quantitativament s'estudia a secundària)

L'ensenyament d'aquests conceptes a l'etapa de primària es centra en la idea de com veiem el món que ens envolta, és a dir, de com ho percep el sentit de la vista. Els fotons emesos per qualsevol objecte colpegen sobre el nostre nervi òptic a través dels ulls. El nervi òptic envia la informació elèctricament al cervell i aquest s'encarrega d'interpretar aquests senyals convertint-los en el que veiem. Per identificar les idees prèvies dels alumnes podem fer servir l'activitat adaptada d'un material del CLISP (Children's Learning In Science Project) de Rosalind Driver (1988) inclòs a l'annex amb la classificació corresponent.

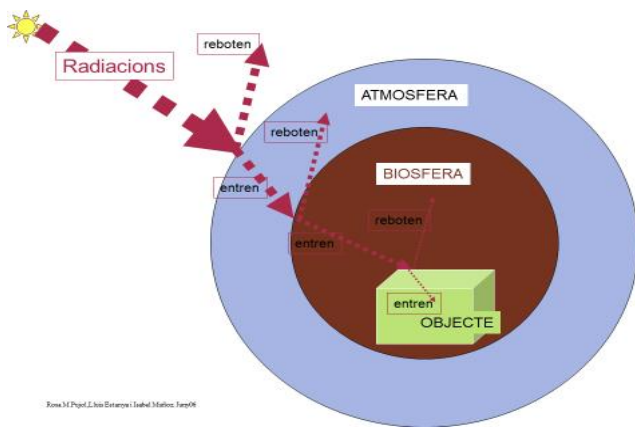
Una de les primeres preguntes que haurem de respondre és, podem veure tots els fotons que emeten el objectes? La resposta, òbviament, és no. És fàcil explicar que per a poder ser percebuts pels nostres ulls, els fotons han de tenir una certa energia. Recordem que l'energia dels fotons està relacionada amb la temperatura del cos radiant. Un exemple molt aclaridor al respecte és el següent: A les fosques, i a temperatura ambient, no podem veure un tros de ferro qualsevol però sovint hem vist a la televisió o a la xarxa imatges de ferro roent que sí desprèn llum visible. És a dir, com havíem esmentat anteriorment a més temperatura més energia tenen part dels fotons emesos. De manera que generalitzant podríem explicar que els cossos que podem veure -els que emeten fotons visibles- han d'estar a una certa temperatura. Però això no és totalment cert!

Com es que a la llum del dia veiem les coses que de nit o, millor dit, a les fosques no podem veure (a temperatura ambient)? El Sol, l'atmosfera del qual està a uns 6000 K, emet fotons d'un cert rang d'energies, alguns d'ells són clarament visibles pels nostres ulls, de manera que ens permeten veure el Sol. Quan aquests fotons arriben a la Terra, triguen uns 8 minuts a fer-ho, part d'ells són absorbits pels cossos que s'escalfen. Segur que tots hem notat l'escalforeta del Sol. Altres fotons reboten en els objectes i després arriben als nostres ulls, estimulant el nervi òptic, i el nostre cervell interpreta aquesta llum donant-nos la imatge de l'objecte d'on prové. És a

dir, la realitat que veiem diàriament és deguda a la llum del Sol que els cossos reflecteixen, en la majoria dels casos.

En concret, amb el primer cos que es troben, els fotons provinents del Sol, és l'atmosfera terrestre (figura 1). Es pot aprofitar aquest fet per parlar de la significació que té per a la nostra vida que certs fotons els absorbeixi o reflecteixi alguna de les capes atmosfèriques i per tant de la importància de mantenir-les amb cura. Per exemple, el cas de la ozonosfera que és capaç d'absorbir gran part de la llum ultraviolada que d'altra forma ens provocaria la mort.

En segon lloc, els fotons troben els objectes, cossos, que formen part de la nostra realitat (figura 1). Les interaccions que es poden donar llavors són molt variades i tenen a veure amb les propietats dels cossos i la llum incident.



I si posem varies capes de bosses podem arribar a convertir el conjunt en opac. Els infants poden experimentar-ho, provar el model de partícules i aprofitar per quantificar, una qüestió tan important com generalment oblidada a les etapes primerenques de l'ensenyament.

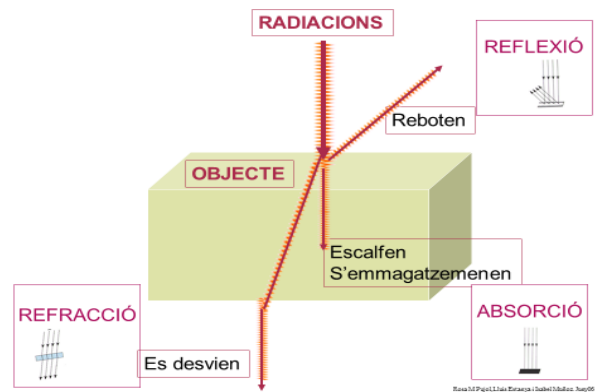


Figura 1: Esquema de la interacció entre la radiació solar i l'atmosfera. Font: R. M. Pujol, Ll. Estanya i I. Muñoz

Les característiques de la matèria determinen si aquesta absorbeix, reflecteix o refracta els fotons visibles provinents de la font de llum. D'aquesta forma podem classificar els objectes en transparents, translúcids i opacs, i és el moment de començar a experimentar amb la taula de llum.

Un cos opac és el que no deixa passar a través seu els fotons visibles (recordem, els que estan a una certa temperatura). Un cos és transparent quan deixa passar tota la gamma de fotons visibles a través seu com, per exemple, algunes bosses de plàstic. Però sovint no els deixen passar tots i aleshores, diem que la bossa és translúcida.

Un altre fenomen quotidià són les ombres i ara que sabem identificar els objectes opacs i que els fotons es desplacen en línia recta, les interpretarem com l'espai on no arriben fotons (figura 2).

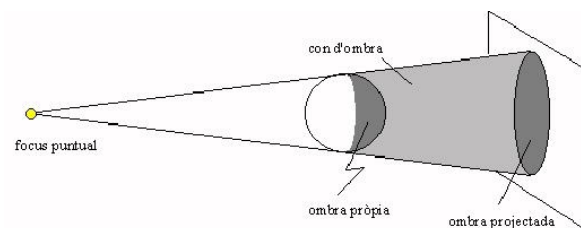
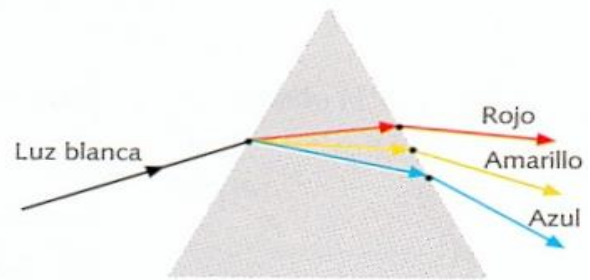


Figura 2: Esquema de la projecció d'ombra

També ens podríem explicar els colors com a fotons de diferents energies o, simplement, amb característiques diferents si no volem entrar en el complex concepte d'energia. Un objecte és de color vermell en presència de llum solar perquè les seves característiques estructurals fan que absorbeixi tots els fotons visibles excepte els vermells. Aquests últims els reflecteix i, per tant, són els que arriben als nostres ulls i el nostre cervell interpreta com a vermell.

Sobre les lleis de reflexió i refracció podem interpretar-les senzillament a partir del fet d'imaginar els fotons com a partícules que reboten en les superfícies (reflexió) segons les característiques d'aquestes. La reflectivitat de les superfícies depèn de si són més o menys polides o rugoses i, per tant, més especulars o difuses. De la mateixa manera també és fàcil d'assumir que aquestes partícules després de passar a través d'un cos es desviïn (refracció). Igual que abans, dependrà del cos o medi en concret i dels fotons mateixos. Una activitat molt fàcil d'implementar i acostuma a donar bons resultats és jugar amb bales de vidre, tan per veure com reboten en xocar contra altres objectes amb diferents angles, com per veure com canvien la seva direcció quan canvien el medi sobre el que es mouen, per exemple diferents tipus de roba.

Així, també podem explicar-nos l'arc de San Martí o arc Iris (figura 3): cada un dels diferents fotons, al passar a través d'un vidre, es desviarà més o menys quedant separats i produint l'esmenat fenomen. Una vegada arribat a aquest punt podem experimentar la barreja de llums i les seves conseqüències (taula de llum).



Figures 3: Esquema i detall de la refracció de la llum blanca a través d'un prisma.

Sense entrar en massa quantificacions podríem jugar amb lents (convergentes i divergents) i amb els focus de llum per veure com la llum, els fotons, es desvia en passar a través de les lents (figura 4). De manera que, si la fem passar a través d'una lent convergent, es pot veure com convergeix a un punt (focus) i si ho fem a través d'una lent divergent aquesta divergeix. Ens podríem entretenir explorant ulleres, lupes, microscopis... i les seves característiques i funcions. També, de la mateixa manera, podríem experimentar amb miralls estudiant les imatges que produeixen, grandària, formes... (plans i esfèrics com a molt).

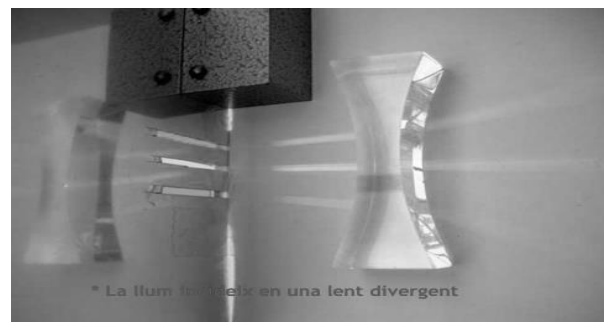
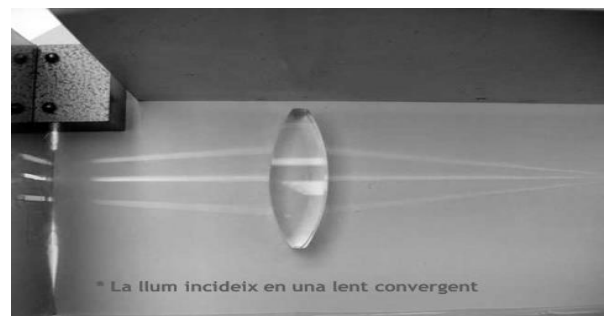


Figura 4: Detalls de la refracció de la llum a través de lents. Font: J. Blanch.

ALGUNES IMPLICACIONS DIDÀCTIQUES

El model de partícules de la llum possibilita interpretar les observacions dels nens i nenes fruit d'experimentar com interaccionen els objectes amb la llum. És necessari i important dedicar-se primer a observar, discutir, trastejar, en definitiva, a reconèixer regularitats en el comportament de la llum. Més endavant, es pot començar a utilitzar el model interpretatiu (Couso i Márquez, 2016), ja que tot i la senzillesa del model, caldria establir una progressió en l'aprenentatge.

A la nostra escola i a tall de prova, en el marc d'un itinerari d'aprenentatge sobre la llum amb nens i nenes de 2n de primària (6-7 anys), vàrem començar a treballar a l'aula a partir d'aquest model. Dur a terme una activitat científica escolar implica plantejar reptes interessants per a l'alumnat per tal d'ensenyar a mirar i a pensar utilitzant el nou model, ajudant a regular les seves idees inicials de mica en mica a partir, tant de proves obtingudes experimentalment com de fonts d'informació diverses, i generant arguments com a conseqüència d'intercanviar punts de vista amb els altres.

Algunes de les pràctiques que es van dur a terme les expliquem a continuació. Són només unes pinzellades del treball realitzat, que responen a una primera prova. Inicialment, i treballant de forma cooperativa amb els alumnes, la pregunta "Què fa que quan encenc una lot pugui veure de nit?" va possibilitar que els nens i nenes expressessin algunes idees prèvies: identificar la llum amb la font -"la bombeta de la lot" o "l'electricitat"-, o amb els seus efectes -"allò que fa que veiem"- per acabar relacionant el fenomen "amb el calor" i distingint si la font de llum era natural i artificial. Pel que fa a la seva composició, sortint dels raigs, acaben assolint que aquests estan formats per punts (fotons). Diàleg entre la mestra (M) i els alumnes(A):

M: *I de què creieu que està formada la llum?*

A: *De raigs*

M: *I aquests raigs que dieu, de què deuen estar fets?*

A: *De punts.*

M: *De punts?*

A: *Sí perquè el raig és com una línia i les línies estan fetes de punts.*

D'altra banda també van experimentar què li passa a la llum quan xoca contra un cos i a través d'una metodologia POE (predicció, observació, explicació), treballant la reflexió, l'absorció i la refracció. La pregunta inicial: "Què creus que li passarà a la llum quan xoqui contra una paret? I contra un termòmetre? i contra l'aigua?". Vàrem promoure que relacionessin el fenomen amb d'altres coneguts: "Llancem una bola de tennis contra una paret (provem-ho des de diferents llocs)", "Posem un termòmetre sota una bombeta" i "Posem una lupa per on fem passar una llum làser o mirem un objecte dins un got ple d'aigua". També es va experimentar amb la descomposició de la llum a través d'un prisma, i es va observar com es produïa l'arc de Sant Martí. Els nens i nenes van acabar deduint que la llum pot rebotar, escalfar (quan es absorbeix) i ser desviada en el cas que travessi el cos en qüestió.

També es va treballar la visió aprofitant que el germà d'un d'ells era daltònic. A partir de la pregunta de la mestra: Què creieu doncs, que passa quan la llum incideix en un objecte de color groc?, van ser capaços d'explicar que "el groc surt rebotat" i al demanar-los-hi què passava amb els altres colors, deien que "Van dins de l'objecte".

En la posada en comú final, a la pregunta sobre "com podem veure-hi de nit al bosc?", alguns van dir "escalfant algun objecte..." relacionant amb la idea que per aconseguir llum cal donar energia, calor.

Aquest procés representa, tan sols, una primera aproximació a la construcció del model de partícules de la llum, però mostra que hi ha camí per avançar i caldrà continuar innovant i investigant.

A TALL DE RESUM

La versió escolar del model de llum de partícules és una proposta senzilla i potent, que intenta compartir amb els alumnes una forma sistèmica de mirar, mai millor dit, el món que ens envolta, i desenvolupar la seva capacitat d'interpretar el que veuen i com ho veuen. Aquesta proposta és compatible i complementària a la

proposta de tractar la llum com a raig (que s'hauria també de d'utilitzar, sobretot en les primeres edats). Pot iniciar-se en contextos i amb fenòmens propers del tipus dels que hem proposat i d'altres que proposin els mateixos alumnes des de la seva quotidianitat.

Progressar en el model voldrà dir ampliar amb nous reptes quotidians de forma qualitativa i temps després (anys) es pot introduir la quantificació en la noció de raig, explicar les lleis de Snell i l'òptica geomètrica en general amb perspectiva trigonomètrica. Valorem que és important iniciar l'alumnat de primària en l'ús de models explicatius per afavorir que el progrés sigui continu i no a partir de salts massa grans, fet que es dona quan bona part de l'alumnat de secundària ha d'afrontar per primera vegada l'explicació d'aquests fenòmens, sovint quantificant-los.

AGRAÏMENTS

Investigació finançada per el Ministerio de Economía y Competitividad (amb referència PGC2018-096581-B-C21) i realitzada en el marc del grup consolidat ACELEC reconegut per l'AGAUR (amb referència 2017SGR1399). Agraïments a l'Escola Pia Sarrià-Calassanç i concretament a la mestra Meritxell Roca.

BIBLIOGRAFIA

- Couso, D. i Márquez, C. (2016). Què podem ensenyar i aprendre sobre la llum? Mapa de progrés per a l'aula. *Guix. Elements d'acció educativa*, 422, 14-19. Recuperat el 22 de juliol de 2019, de <https://ddd.uab.cat/record/149985>.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 109-120.

ANNEX

Com és que veiem els objectes?

Aquesta nena està en una habitació fosca i no pot veure res.

Quan la seva mare obre la llum veu un llibre sobre la taula.

Com és que ara ella pot veure el llibre?



Dibuixa fletxes que uneixin els tres objectes en el sentit que creus que viatja la llum, i explica amb detall que passa entre els seus ulls, el llum i el llibre.

Anàlisi de les idees expressades

Nivell expert: Dibuixa que la llum viatja des de la llum a el llibre, i d'aquest cap a l'ull de manera que s'observa clarament el camí que segueix la llum. En la seva explicació parla que el llibre reflecteix la llum que ve del llum, i el raig reflectit és captat per l'ull (o pel sentit de la vista) (excel·lent)

Nivell avançat: Dibuixa que la llum viatja des de la llum a el llibre, i d'aquest cap a l'ull, però en la seva explicació no parla de el fenomen de la reflexió (notable)

Nivell aprenent: Dibuixa el camí però no explica perquè passa (mínim)

Nivell principiant: Dibuixa camins alternatius no correctes (de el llibre a l'ull, o del llum directament a l'ull). O bé només parla que el veu pel sentit de la vista o perquè la llum fa llum.