



FREQÜÈNCIES

Eugènia Balcells

Materials de documentació



Del 23 de setembre al 29 de novembre de 2009
Arts Santa Mònica



El projecte expositiu **FREQÜÈNCIES** d'Eugènia Balcells té com a nucli les instal·lacions **Roda de color**, **Laberint** i **Freqüències** (que dóna nom al projecte sencer). En aquestes obres, produïdes al llarg dels dos últims anys, Eugènia Balcells explora la complexitat de la llum, un dels temes més difícils i alhora més fascinants de la nostra realitat quotidiana.

L'exposició inclou un programa d'activitats basat en la col·laboració amb diversos centres educatius –escoles, instituts i facultats universitàries– i un programa de confluència amb altres centres culturals de la ciutat que tenen programacions de tardor rellevants per aquest projecte.

El fet que l'espai expositiu disposi d'una sala de documentació i activitats pròpia facilitarà que es puguin acollir iniciatives que la mateixa dinàmica del projecte generi. És a dir, permetrà una gran fluïdesa en la programació d'actes de petit format dirigits al públic general o a grups específics de visitants.

Va ser a la primavera del 2009 quan un grup d'estudiants de la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona, convidats pel seu professor Josep Perelló, es van sumar al projecte expositiu **FREQÜÈNCIES**. Poc després, a començaments de l'estiu, un parell d'estudiants de biologia es van afegir al grup.

Després de conèixer l'artista Eugènia Balcells i veure'n les instal·lacions en ple procés de producció, van expressar-li el seu desig d'implicar-se activament en el projecte.

Els treballs que es presenten a continuació són un dels resultats d'aquesta iniciativa. Formen part dels materials disponibles a la sala de documentació de l'exposició.



Estudiants de la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona:

Pilar Rodríguez

Regina Galceran

Nuria Domenech

Luis Carlos García

Xavier Clotet

Ana López

Estudiants de la Facultat de Biologia de la Universitat Pompeu
Fabra:

Carles Barril Basil

Marina Vegué Llorente

Les aportacions dels professors s'inicien amb el treball sobre la
taula periòdica, elaborat per:

Elisabeth Bosch, Catedràtica de Química Analítica de la UB
i Joaquim Sales, Catedràtic de Química Inorgànica de la UB.

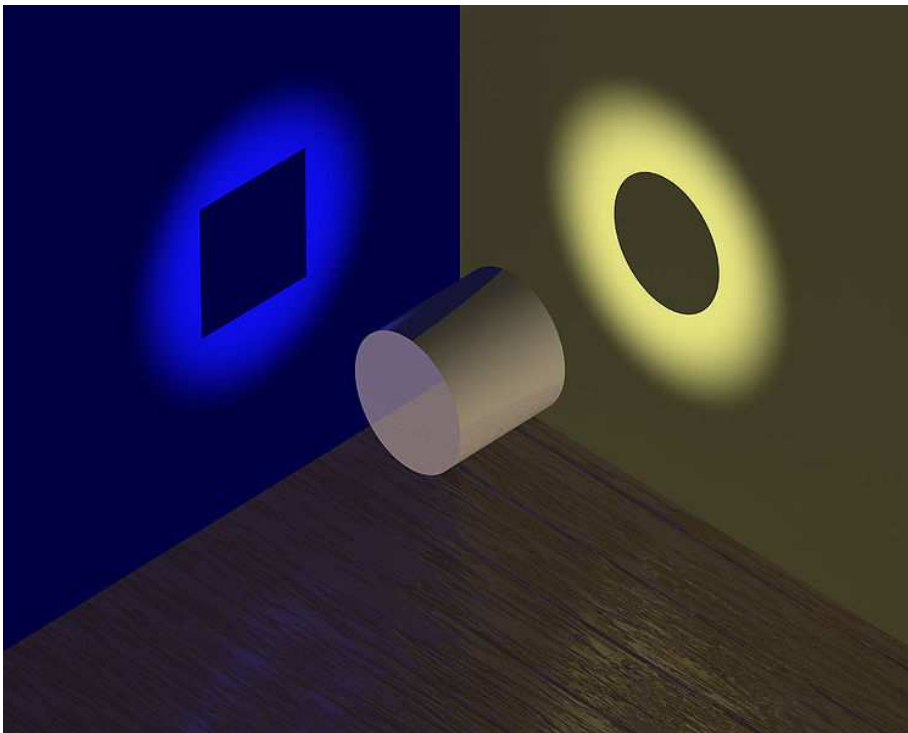


_RTS S_NT_ MÔN IC_

1.

La naturalesa de la matèria

A vegades les coses es poden veure des de molts punts de vista, tenen moltes interpretacions. Imagina't què passaria si il·luminéssim un cilindre des de dos angles diferents, tal com veiem a la figura:



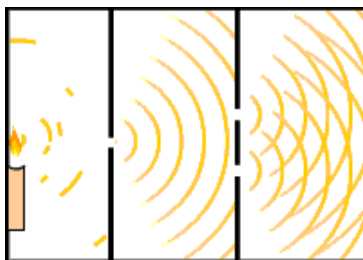
Podem dir que aquest cilindre és un cercle? No! Podem dir que és un quadrat (o un rectangle)? No! I, tanmateix, si algú només en pogués veure l'ombra, possiblement pensaria que és un cercle o un quadrat.

Una cosa semblant passa amb la llum i amb la matèria. Des de fa molt de temps, d'ençà que Newton va començar a pensar què era la llum (s. XVII), els físics han discutit molt sobre si la llum i la matèria són ones o partícules.

QUÈ PASSA AMB LA LLUM?

- Isaac Newton pensava en la llum com a partícula quan se la imaginava arribant a un mirall i reflectint-s'hi, com si es tractés d'una piloteta rebotant a la paret.

- Thomas Young va realitzar un experiment al 1801 que va demostrar que la llum era una ona: tenim un focus de llum (espelma) i en travessar la primera escletxa, la llum es difracta i forma un focus emissor d'ones (tal com es veu a la figura). Aquestes ones arriben a una altra paret amb dues escletxes, i per cada escletxa es forma un nou focus d'ones. A cada punt de la paret del fons arriben raigs provinents de les dues darreres escletxes i s'interfereixen. En alguns punts, es manté la mateixa intensitat de llum del focus emissor inicial. En altres, els feixos es cancel·len mutuament. Tot plegat, dependrà del desfasament degut a la diferència de recorreguts (vegeu la imatge amb ratlles verticals fosques i clares). Aquest comportament és propi de les ones.



Així doncs, la llum és una ona o una partícula?



La llum es comporta com una ona...	La llum es comporta com una partícula...
...quan es refracta, passant d'un medi a un altre. Per exemple: un bastonet recte introduït en un vas d'aigua, es veu doblegat. ...quan passa per una escletxa o topa amb un objecte que té una mida de l'ordre de la longitud d'ona de la llum. En aquests casos, es produeix la difracció; el raig s'escampa en totes les direccions. Si tenim més d'un focus emissor de llum, els diferents raigs de llum interaccionen i es produeixen les <i>interferències</i>. Aquestes interferències són les responsables dels colors que es veuen a la superfície d'un CD quan l'il·luminem! Pots descobrir en quins altres exemples trobem interferències a: http://ciencianet.com/p62.html, on l'explicació és força clara. Consulta el web http://acacia.pntic.mec.es/~jrui27/interf/young.htm, per més informació i un applet on trobaràs la imatge resultant de les interferències.	...quan som capaços d'arrencar electrons tan sols il·luminant la superfície d'un metall. Això és el que anomenem <i>efecte fotoelèctric</i> i és la base del funcionament de les plaques solars! ...quan un fotó (que és la partícula de llum) de raigs X topa amb un electró d'un material lleuger. L'electró surt disparat i l'energia de l'electró i del fotó es reparteix com si es tractés d'un xoc entre boles de billar! Això s'anomena <i>efecte Compton</i>. Consulta el web que et proposem, http://www.educaplus.org/luz/1comopartacula.html i hi veuràs un exemple!!! o bé http://www.youtube.com/watch?v=DS EKwLDq3ug



Es va haver d'admetre, doncs, que la llum no era ni només ona ni tampoc només partícula. La seva naturalesa, doncs, és dual: és alhora ona i partícula.

QUÈ PASSA AMB LA MATÈRIA?

Suposem que repetim l'experiment de Young, però amb electrons en comptes de llum. Si fem passar els electrons per escletxes molt petites, n'esperarem obtenir dues marques al detector, en els llocs corresponents a cadascuna de les escletxes. Per contra, trobem una imatge d'interferències, precisament com succeïa en el cas de la llum. Però ara es tracta d'electrons!

Paral·lelament al que passava amb la llum, l'any 1924 De Broglie va formular la hipòtesi de la dualitat ona-corpúscle per a la matèria: aquesta no es comporta tan sols com una partícula, sinó que també presenta característiques ondulatòries, amb una longitud d'ona (anomenada *longitud d'ona de De Broglie*) que depèn de la massa i la velocitat de la partícula. Per aquest descobriment, De Broglie va rebre el premi Nobel l'any 1929.



_RTS S_NT_ MÒNIC_

La matèria es comporta com a una ona...	La matèria es comporta com a una partícula...
...quan fem passar la matèria per una escletxa de dimensions molt petites (comparable a la longitud d'ona de De Broglie). Es va demostrar el comportament ondulatori de la matèria quan es va veure la difracció dels electrons, que produeix un patró d'interferències! Aquest fenomen físic és la base del funcionament dels microscopis electrònics, que permeten una resolució molt superior als microscopis òptics. Per veure un vídeo d'una explicació més detallada de l'experiment que mostra la dualitat ona-corpúscle per a la matèria, consulteu l'enllaç que presentem a continuació: http://www.youtube.com/watch?gl=ES&hl=es&v=e1QYG5brROY Per veure les imatges dels resultats dels experiments que van ajudar a determinar el caràcter ondulatori de la matèria, consulteu el següent web: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Double-slit_experiment_results_Tanamura_2.jpg	...gairebé en totes les nostres experiències quotidianes! Això és degut al fet que la mida dels objectes que ens envolten és molt més gran que la longitud d'ona de De Broglie.



Depenent de l'experiment, per tant, el comportament de la matèria segueix un model ondulatori (ones) o un model corpuscular (partícules).

Aquesta dualitat pot desconcertar-nos i semblar contradictòria. Si els electrons són partícules, per què trobem casos en què també es comporten com ones? I per què la llum es comporta com una ona i com una partícula, segons la situació? Què és en realitat?, quina és la seva naturalesa?

És un fet: la matèria té una naturalesa dual (a vegades ona, a vegades partícula).

Quan ens allunyem de la realitat macroscòpica ordinària, veiem que les nostres intuïcions deixen de ser fiables. La nostra lògica, que prové de l'experiència quotidiana (a través dels nostres sentits), no sempre ens condueix a l'explicació certa. O bé no és l'única.

Fins i tot podem arribar a realitzar experiments que aparentment ens proporcionen informació contradictòria. Què és, doncs, la matèria: ona o corpuscle?

Potser, al capdavant, tot és una qüestió de com t'ho miris... o potser és quelcom més enllà dels nostres pobres conceptes d'ona i corpuscle....



_RTS S_NT_ MÔN IC_

2.

Sobre la qüestió del color



Suposem que volem saber què és un objecte. Doncs, és evident que per conèixer alguna cosa el primer que hem de tenir clar és on trobar la resposta, o, com a mínim, a qui podem acudir per sortir de l'estat d'ignorància en què ens trobem. D'aquesta manera, parlar del color és necessari que tinguem clar on hem de buscar. Si preguntem a un biòleg sobre el color, potser ens parlarà del món animal, i és probable que s'hi refereixi com una eina de supervivència; en canvi, un químic podrà il·lustrar-nos sobre els tipus de pigments. Entendrem, per exemple, com fins al segle XV un pintor no podia sortir del seu taller per plasmar in situ un paisatge. Un poeta també pot dir-nos molt sobre el color, però mai què és físicament.

En preguntar-nos sobre el color no podem pretendre de cap manera trobar una única resposta, almenys en l'àmbit de la física. Per començar, cal tenir ben clara la diferència entre la física clàssica i la física moderna: si Einstein i Newton es trobessin un dia al despatx d'aquest últim a Cambridge, el debat podria allargar-se hores i hores, si no dies o mesos: tindrien moltes coses per explicar-se l'un a l'altre sobre el tema. És més, coneixent el difícil caràcter del geni de la física clàssica, és possible que mai no arribessin a posar-se d'acord sobre la naturalesa física de la qüestió.

Tractar el color és essencialment parlar de llum. Llum que captem, ja sigui emesa per l'objecte mateix –el color es dona en l'objecte i, per tant, no és necessària la llum exterior per percebre'l (a les fosques continuaríem veient-lo); aquest és el cas de la llum vermellova que emet un tronc quan es crema–, o bé per reflexió –part de la llum que rep el cos s'absorbeix i una altra part és reflectida; aquesta llum reflectida és la que ens permet veure l'objecte; per aquesta raó en una habitació a les fosques no veiem res–.

Però, què és la llum? Diem que la llum té una naturalesa dual: es comporta com a ona o com a corpuscle (partícula), segons de quin fenomen es tracti. La manera més senzilla d'entendre la llum és



parlant d'ones. La llum pertany a un tipus d'ones: les ones electromagnètiques, que són aquelles que no necessiten un medi per propagar-se (poden viatjar pel buit), a diferència de les ones sonores, que sí que el necessiten, ja que es transmeten a través d'aquest medi. Les ones electromagnètiques són ones transversals; és a dir, la seva direcció d'oscil·lació i la de propagació són perpendiculars. Les ones marines són un bon exemple d'ones transversals.

Definim l'espectre electromagnètic per enumerar tot el rang d'energies que abasten aquest tipus d'ones. Aquestes ones es denominen segons la seva freqüència o longitud d'ona. Com més curta és la longitud d'ona i més alta la seva freqüència, més energia tindrà l'ona.

L'espectre electromagnètic és molt ampli, i comprèn, en una escala de menor a major energia: les ones de ràdio (telèfons mòbils), les de microones (són del tipus de les que capten els dispositius WiFi i Bluetooth), les infraroges, les ones visibles (bàsicament, l'arc de Sant Martí), les ultraviolades, els raigs X i gamma. D'aquests raigs, només una part (des de l'infraroig fins a una petita fracció d'ultraviolat) pot traspasar la nostra atmosfera.

Per parlar de color ens centrarem, doncs, en el rang de la llum visible. El primer que hem d'entendre és que, com ja hem dit, el color d'un objecte depèn de la llum que l'il·lumina tant com de les seves propietats: estructura, composició química, etc. Hi ha una propietat en els objectes que fa que, en rebre llum exterior, absorbeixin totes les longituds d'ona menys una part, que és reflectida; d'aquesta manera podem veure els objectes.

El **color** és una qualitat que es pot mesurar: podem saber la mida de la longitud d'ona, l'energia de les ones o la intensitat de la llum emesa (el color d'un material pot ser més clar o més fosc sense deixar de ser aquest mateix color, és a dir, sense que la seva longitud d'ona –o la seva freqüència– canviï).



_RTS S_NT_ MÔN IC_

3.

El color de les estrelles



Benvinguts a la nostra galàxia, la Via Làctia. La Terra es troba en un dels seus enormes braços, plens de sistemes d'estrelles. En concret, el nostre planeta pertany al sistema solar. Els nostres veïns són Venus i Mart. Tots els planetes del sistema solar giren al voltant del Sol, l'estel que ens il·lumina.

L'univers és ple de color. D'un color que prové dels milers de combustions que es produeixen constantment a l'espai. L'energia que emeten totes aquestes reaccions és la que ens permet veure els cossos celestes, de la mateixa manera que veiem la llum d'una espelma envoltada de fosc.

Els astrònoms estudien la llum que prové del cel estelat amb un telescopi. Per estudiar l'univers, el que fan és observar-lo i interpretar-ne la informació que els arriba.

Un dels primers telescopis que es van construir va ser dissenyat i fabricat per un italià anomenat Galileu Galilei. Bàsicament era un joc de lents que amplificava la imatge dels objectes celestes. Amb aquest instrument només es podia estudiar la llum visible.

Actualment molts telescopis capten tipus de llum que l'ull humà no pot veure. I és que hi ha llum més enllà del visible...



En física, el que emeten els estels ho anomenem *radiació electromagnètica*, que bàsicament són ones que viatgen a través de l'espai propagant la seva energia. La llum és una petita part d'aquesta radiació.

La radiació electromagnètica es caracteritza amb un paràmetre anomenat freqüència. És com una mesura de la seva energia: les ones d'alta freqüència són més energètiques que les de baixa freqüència.

La radiació més energètica és l'anomenada *radiació gamma* i també els raigs X. Aquests raigs els fem servir en aplicacions de la física mèdica, per exemple per fer radiografies dels ossos; també ens permeten detectar tumors. Aquest tipus de radiació no arriba mai a travessar l'atmosfera terrestre.

Els raigs ultraviolats, però, sí que travessen la nostra atmosfera, i cada cop més, des que la capa d'ozó es troba en procés de deteriorament accelerat. Aquesta radiació té efectes nocius per a la nostra pell.

Per sota de l'ultraviolat es troba l'espectre visible, que va del violet al vermell en ordre de més a menys energètic. Són tots els colors que conformen l'arc de Sant Martí.

Després tenim l'espectre infraroig. Hi ha animals que poden veure en aquesta part de l'espectre, com les serps i els escarabats. La tecnologia actual ens ha permès dissenyar sistemes de visió nocturna que capten els raigs infraroigs com a mapes de calor.

Una mica més enllà i ja dins de les baixes energies es troba una franja molt coneguda per tothom i que va revolucionar la tecnologia del segle XX: les microones. El forn microones, els sistemes de Bluetooth i de WiFi...

I per acabar trobem les ones de ràdio. La telefonia mòbil i les nostres emissores de FM i AM són fruit de la seva existència.



_RTS S_NT_ MÒNIC_

En la regió de radiació visible també es pot establir una divisió, que, novament, està relacionada amb l'energia. És a dir, la llum de color vermell és menys energètica que la de color groc, que alhora té menys energia que la llum blava. La llum amb més energia que pot captar l'ull humà és la de color violat. Com més energètica és la llum, més calor desprèn; per això, quan mirem una espelma veiem la part més propera al focus de la combustió de color blau, i a mesura que ens allunyem d'aquest punt la llum es va tornant groga i vermella.

Per entendre aquesta relació entre color, energia i calor posarem un exemple preciós: la vida d'un estel. Quan una estrella és molt jove la seva temperatura és molt elevada i el seu color, dins de l'espectre de llum visible, és entre blau i morat. A mesura que evoluciona, i depenent de la seva massa, es va fent groga o ataronjada, per acabar la seva vida amb un color vermellós. Finalment, algunes estrelles es transformen en nanes blanques. Aquest tipus d'estrella només emet energia tèrmica emmagatzemada i per aquest motiu té una lluminositat molt dèbil (ja anem més enllà del visible, cap a l'infraroig).

L'astronomia classifica les estrelles en 7 categories segons la mida i el color. Així, les estrelles més joves, més petites i molt calentes, són de color blau i s'anomenen estrelles O. Les velles, molt més grans i fredes, entren a la categoria M.

4.

**Els objectes i els éssers
vius estan constituïts
pels mateixos elements?**



Imaginem un dia d'agost d'aquests en què el sol lluu enmig del cel. L'Arnau passeja per la platja, sobre el sòl calent. S'atura per emplenar el seu cubell amb una mica de sorra. Vol fer un castell a la riba. La seva germana, la Txell, es banya al mar. Entre onada i onada es mira els peus. Veu venir una medusa. Tota espantada, surt de l'aigua buscant els braços de la mare.

El cubell ple de sorra, l'aigua del mar, la medusa, l'Arnau, la Txell... és evident a simple vista que aquests personatges que comparteixen un dia de platja d'agost són ben diferents.

Tot i tenir tan clares les coses que els diferencien, és un fet que tot allò que compon un ésser humà ho podem trobar en qualsevol grapat de sorra. Igualment, si ens endinsem en la composició d'una medusa, en tot allò que la forma, trobarem poc més que molta aigua.

Llavors, us preguntareu, per què percebem aquests objectes i éssers com a radicalment diferents?

Bàsicament perquè, tot i estar compostos pels mateixos "ingredients", aquests hi apareixen en diferents proporcions i combinacions.

Tots els éssers vius i objectes del nostre entorn estan constituïts per àtoms: les persones, els animals, les plantes... Fins i tot les coses més gegantines, com els oceans, els continents i el cel, estan formats per un conjunt immens d'àtoms.

Aquests diferents àtoms formen els elements de la natura. Serien com els ingredients d'una recepta anomenada Univers.

Ajuntant molts i molts àtoms d'heli i encenent-los, podríem cuinar un estel com el Sol. Aquest conjunt d'àtoms individuals serien com a suma l'element Heli.



En canvi, si en comptes d'això agaféssim grupets de dos àtoms d'hidrogen i un d'oxigen i en reuníssim un munt, hauríem cuinat un riu o un llac. I si hi afegíssim una mica de sal... màgia! Ja tindríem un oceà! Les substàncies com l'aigua, formades de diferents tipus d'àtoms, s'anomenen compostos. Cadascuna de les seves subdivisions d'hidrogen i oxigen s'anomena molècula.

De la mateixa manera, si agaféssim moltíssims àtoms de nitrogen formariem l'atmosfera, i si féssim un còctel de ferro, oxigen, silici i magnesi, tindríem el sòl que trepitgem.

I si el menú del dia fos la vida a la Terra? Llavors ens dedicariem a cuinar cèl·lules i les ompliríem gairebé del tot d'oxigen i d'hidrogen, és a dir... d'aigua!

En efecte, la vida a la Terra és deguda a l'existència de l'aigua, una substància extraordinària sense la qual no existiríem. Ni nosaltres ni el més minúscul dels bacteris! Imagineu com n'és, d'important...!

Encara que tots els éssers vius estem compostos majoritàriament d'aigua, a cop d'ull som ben diferents. Tots els éssers vius que existeixen han seguit un procés anomenat evolució que es basa en l'adaptació a l'entorn. Això vol dir que un microorganisme molt bàsic que va aparèixer fa 3.000 milions d'anys en un clima molt fred no ha d'assemblar-se per força a una planta o a un dinosaure aparegut fa 300 milions d'anys, ni tampoc a l'ésser humà actual. Només comparteixen una cosa en comú: totes les seves cèl·lules són plenes de molècules d'aigua. Això ens converteix en germans més enllà de les espècies. Més enllà de l'origen. Més enllà...



_RTS S_NT_ MÔN IC_

5.

**La llum és indispensable
per a la vida?**



_RTS S_NT_ MÒNIC_

Tot ésser viu, des de la bactèria més minúscula fins a la gegantina balena blava, necessita una aportació contínua d'energia per mantenir-se. **L'energia es pot presentar de diverses maneres (calor, moviment, llum, energia química provinent de l'estructura interna de la matèria...) i pot passar d'una forma a una altra, però no es crea del no-res ni es destrueix.**

1.

Imaginem un lleó de la sabana africana. L'energia que necessita per córrer prové de la seva dieta, per exemple una gasela. Encara que no sigui visible, la carn de la gasela conté energia emmagatzemada en els enllaços químics que la formen. Un cop el lleó s'ha menjat la gasela, aquesta energia química continguda en el cos de la gasela és alliberada i la pot usar el lleó per desplaçar-se (l'energia química es transforma en moviment) o per dur a terme moltes altres activitats, com, per exemple, fabricar més múscul (l'energia es manté com energia química).

Però, d'on prové l'energia química continguda a la carn de la gasela? De nou, de la dieta de la gasela: l'herba de la sabana. L'estructura interna de l'herba conté sucres els enllaços químics dels quals són rics des del punt de vista energètic. Però és evident que l'herba no menja lleons, gaseles ni altres espècies vegetals. L'energia dels seus sucres prové del Sol. Els raigs de llum solar, que viatgen uns 150 milions de quilòmetres fins a arribar a la Terra, transporten i transmeten a l'herba l'energia necessària per sintetitzar aquests sucres. En altres paraules, **l'energia lluminosa provinent del Sol es transforma en energia química en un seguit de reaccions que conjuntament reben el nom de fotosíntesi.**

De fet, si partint de qualsevol organisme viu recorrem en sentit invers el camí (o flux) de l'energia, acabarem arribant al Sol. La llum solar és la font que nodreix d'energia els éssers vius; sense ella, la intricada xarxa de la vida tal com la coneixem no podria mantenir-se.



2.

Però això ha estat sempre així? Per respondre aquesta pregunta cal que ens remuntem als orígens de la vida o, dit d'una altra manera, als orígens de la cèl·lula, que és la unitat mínima que pot considerar-se viva. Actualment es creu que tota forma de vida terrestre comparteix un origen comú. Els primers organismes vius van ser cèl·lules independents, probablement no gaire diferents d'algunes bactèries actuals. Fa entre 3.500 i 4.000 milions d'anys, algunes regions marines del nostre planeta van començar a ser habitades per petitíssimes estructures vives que, amb el temps i mitjançant l'evolució, van donar lloc a tots els éssers vius d'avui. Malgrat les constants transformacions a què han estat sotmesos els organismes des d'aleshores, hi ha quelcom que ha romàs inalterat: el principi energètic de la vida. **Ara i abans, l'energia ha estat sempre un requeriment imprescindible.**

Els científics creuen que les primeres cèl·lules es van desenvolupar en ambients que contenien diferents tipus de molècules orgàniques simples (sucres, aminoàcids...) riques en energia química. Les bactèries ancestrals, com també fan algunes bactèries actuals, s'alimentaven d'aquestes substàncies i n'alliberaven l'energia química per mitjà d'un procés que no requereix oxigen: la fermentació. Però, de mica en mica, els aliments van començar a escassejar. Com a adaptació a aquesta mancança, algunes bactèries primigènies van desenvolupar la capacitat de "fabricar" elles mateixes els sucres i altres substàncies orgàniques aprofitant un recurs energètic molt abundant: la llum. Utilitzaven l'energia lluminosa per combinar petites molècules inorgàniques del medi, com el gas diòxid de carboni (CO_2) i el sulfur d'hidrogen (H_2S), i construir les molècules orgàniques amb les quals s'alimentaven. Aquests organismes, **els primers autòtrofs, acabaven d'inventar la fotosíntesi**. Així, la Terra va quedar poblada de dos grans tipus d'organismes: els que duïen a terme la fotosíntesi i els que seguien obtenint energia dels compostos orgànics, ara també produïts pels anteriors.

3.

La fotosíntesi va suposar una innovació extraordinària, perquè va alliberar la vida de la dependència de les limitades substàncies orgàniques. Els organismes fotosintetitzadors van passar a dependre de compostos químics molt més abundants i de la riquíssima font energètica que és la llum. Però aviat la constant transformació que és característica de la vida va donar lloc a variacions en l'estratègia de la fotosíntesi. Fa uns 2.500 milions d'anys, algunes de les bactèries que aleshores poblaven la Terra van començar a fer la fotosíntesi a partir d'aigua (H_2O) i diòxid de carboni, en un procés que desprenia oxigen gasós (O_2), el qual es va anar acumulant. A partir d'aleshores, l'atmosfera, que fins aquell moment presentava només traces insignificants d'oxigen, es va anar tornant cada vegada més rica en aquest gas.

Tot i que als humans i a moltes espècies actuals ens resultaria impossible viure sense oxigen, per les bactèries ancestrals aquest gas va suposar més aviat un problema. L'oxigen és, de fet, una substància molt reactiva que pot causar danys a les cèl·lules. Les bactèries que vivien a la Terra quan l'oxigen va començar a fer-se present van haver de desenvolupar mecanismes per protegir-se'n. Les menys afortunades van morir, d'altres quedaren confinades en ambients aïllats de l'oxigen; algunes van fer-se resistents, i indiferents, al gas i, finalment, unes quantes se'n van aprofitar. Aquestes últimes van utilitzar la reactivitat de l'oxigen per optimitzar l'obtenció d'energia a partir de la matèria orgànica. Captaven l'oxigen de l'aire i desprenien diòxid de carboni. **Havia nascut la respiració com a alternativa eficient de la fermentació.**

Tota mena de respiradors i fotosintetitzadors compartien harmònicament els recursos, uns aprofitant el gas que els altres rebutjaven i a la inversa. L'evolució, a partir de canvis, aliances i fusions, d'aquests petits i llunyans avantpassats ha donat lloc a les bactèries, els protoctists, els fongs, les plantes i els animals actuals. La vida era un continu intercanvi de matèria, un no acabar



_RTS S_NT_ MÒNIC_

d'estratègies encaminades a satisfer una necessitat comuna: l'obtenció d'energia. Però tota aquesta energia, que fluïa d'un organisme a un altre, d'una molècula a la següent, de la matèria orgànica a la inorgànica, sempre en transformació, provenia d'una manera o altra de la llum del Sol. Tota? Sí, perquè fins i tot les primeres molècules orgàniques que van servir d'aliment a aquelles cèl·lules primigènies es van formar, molt probablement, a partir dels gasos de l'atmosfera terrestre mitjançant l'energia del Sol.



_RTS S_NT_ MÔN IC_

6.

Veure-hi



_RTS S_NT_ MÒNIC_

Que bonic és passejar per un camp de flors sota la llum del sol i quina por fa travessar el mateix camp sota la foscor de la lluna nova! En un cas veiem el verd de la gespa i el vermell de les roselles mentre que en l'altre... quasi no veiem res. Què és el que perdem quan en lloc de caminar amb els ulls oberts ho fem amb els ulls tancats? Perdem la llum, sí, però en quin sentit la perdem? D'alguna manera, la llum és com si transportés informació de la matèria amb què xoca o que travessa. Així, quan tanquem els ulls perdem informació de l'entorn: ara mateix perdriem de cop aquestes paraules sobre el paper i totes les instal·lacions que componen l'exposició.

Com altres formes d'informació, la que transporta la llum necessita un receptor que la descodifiqui en alguna cosa que puguin entendre les cèl·lules, la unitat fonamental de què estan constituïts tots els organismes vius que coneixem.

Per comprendre com funciona l'ull, necessitem trobar el receptor que rep la informació de la llum i la tradueix al llenguatge de les cèl·lules. I quin llenguatge és el que utilitzen les cèl·lules per comunicar-se? Ni el català ni el castellà, ja que la cèl·lula no té ni la llengua ni les cordes vocals necessàries per articular-los. **Les cèl·lules utilitzen molècules per dir a l'organisme o a la mateixa cèl·lula que té poca energia, que té danys, que està a punt per dividir-se o que toca un objecte comestible, entre d'altres coses.** Metafòricament, una molècula seria una paraula i un conjunt de molècules, una frase.

Parlem ara dels receptors de la llum: **els fotoreceptors**, que es troben a les cèl·lules que responen a la llum.

Els fotoreceptors estan constituïts per dues molècules o dues parts: una fotosensible, que canviarà de forma segons hi hagi llum o no, i una altra que farà una de dues accions possibles en funció de la forma de la primera. És com si la molècula fotosensible fos un interruptor que fa que la segona molècula estigui encesa o apagada. Per exemple, si es fa créixer una planta en un armari fosc, serà de color groc blanquinós. Si es treu de la foscor i es posa a



l'exterior, on li toqui la llum, la planta es tornarà del seu color verd característic en pocs dies. En aquest cas, la llum activa la síntesi del pigment verd de les plantes, la clorofil·la. Sense llum, algunes molècules que participen en la síntesi de clorofil·la estan "apagades" o fent una altra funció.

Cada fotoreceptor no capta tota la llum, ni de bon tros; només és capaç de rebre la informació que porta un únic fotó. Per tant, amb només un fotoreceptor, la cèl·lula, com a màxim, podria diferenciar la presència de llum de l'absència, però no podria ni distingir d'on ve. Per copsar la procedència de la llum cal que el fotoreceptor rebi els fotons des d'una direcció en concret. Això s'aconsegueix aïllant el fotoreceptor de la llum que arriba en qualsevol altra direcció. L'ull més senzill possible seria, per tant, aquell que constés d'un fotoreceptor envoltat gairebé del tot d'una molècula capaç d'absorbir la llum.

La percepció del color i de la forma requereix la presència d'un conjunt organitzat de fotoreceptors. Per distingir els colors també és necessari tenir diferents molècules fotosensibles, de manera que unes es transformin només davant de fotons poc energètics (vermells) i unes altres davant de fotons més energètics (liles i blaus). I la cosa no s'acaba aquí, encara falta la filigrana final: la integració de la informació. Amb l'estructura d'ull, els fotoreceptors informen la cèl·lula de si hi ha llum o no en una posició particular del camp visual. Tot i així, **perquè es pugui percebre una imatge global i definida de l'escena, és necessari que s'analitzin les informacions de les diferents zones en conjunt.** No serveix de res saber que a la dreta hi ha un punt verd si no sabem què hi ha al voltant d'aquest punt verd: tant podria ser alguna cosa per menjar com alguna amenaça perillosa. **Aquesta integració de la informació visual és duta a terme pel sistema nerviós.**

Hem citat els constituents bàsics dels sensors de llum més complexos del món biològic, els que permeten distingir formes i colors, com els que t'han permès llegir aquest text que tens a les mans. No obstant, hi ha organismes que només tenen una part d'aquests



_RTS S_NT_ MÒNIC_

constituents, i no per això deixen de respondre davant la llum. Probablement no saben llegir, però perquè no els fa cap falta. Algunes plantes floreixen segons la durada del dia. A l'hivern les hores de llum són poques, i no floreixen. A mesura que avancen els dies i s'acosta la primavera, les hores de llum diària augmenten, i finalment arriba un dia en què ja hi ha un període de llum prou llarg perquè les plantes d'una determinada espècie puguin florir. Si aleshores poséssiu la planta en un armari fosc una estona, ja no floriria. Alguns organismes unicel·lulars poden dirigir-se cap on hi ha més llum per produir més energia si són fotosintètics, o per alimentar-se d'altres organismes fotosintetitzadors.

Sigui com sigui, la diversitat de mecanismes que permeten captar i processar la informació de la llum als organismes vius és immensa. Pels humans, el sentit de la vista és potser el que ens dóna una idea més gran del món en què vivim. Però el que veiem, per més real que ens sembli, no deixa de ser una representació de la realitat. No és cap bestiesa pensar que si tinguéssim uns fotoreceptors diferents potser veuríem colors que ara no podem ni imaginar. **I és que la llum visible, la llum que estimula els nostres fotoreceptors, és només una molt petita part de totes les radiacions lumíniques que ens envolten.**

Alguns exemples:

L'ull dels vertebrats. L'ull humà

En l'ull humà hi ha múltiples cèl·lules capaces de respondre a la llum pel fet de tenir molècules fotoreceptores a l'interior (de fet, s'anomenen cèl·lules fotoreceptores). Aquestes cèl·lules s'organitzen en una mateixa capa de la retina. Hi ha dos tipus de cèl·lules fotoreceptores: els cons, que responen selectivament davant d'alguns colors, i els bastons, que simplement distingeixen si hi ha llum o no. **A diferència dels bastons, els cons necessiten molta llum per funcionar, i és per això que no podem distingir els colors, però sí les formes, quan és fosc.**



_RTS S_NT_ MÒNIC_

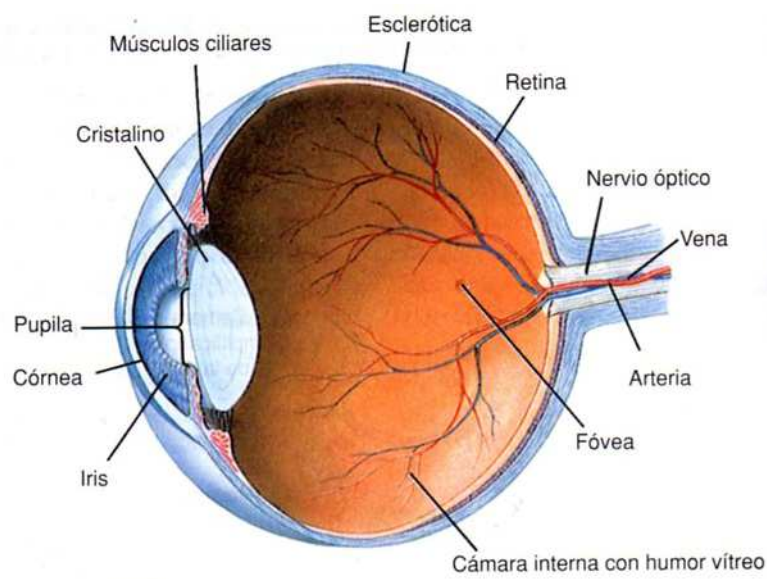
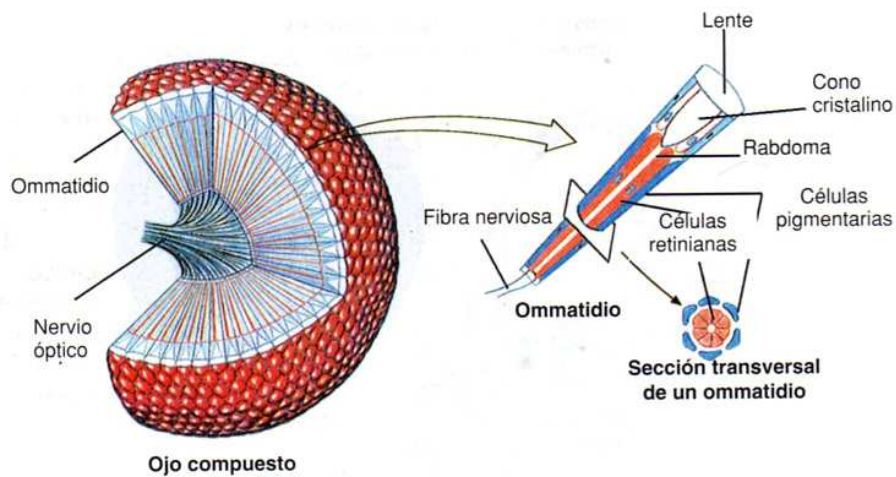
La retina és un conjunt organitzat de cèl·lules de diferents tipus que es disposen a la cara interna del globus ocular. La funció de la retina és rebre la informació lumínica, començar-la a processar i finalment enviar-la al cervell per a una anàlisi més fina.

La pupil·la i el cristal·lí eviten que la llum arribi als fotoreceptors de qualsevol manera. De fet, les imatges de l'entorn que es projecten a la retina estan invertides: el que veiem al cel es projecta a la part inferior de l'ull.





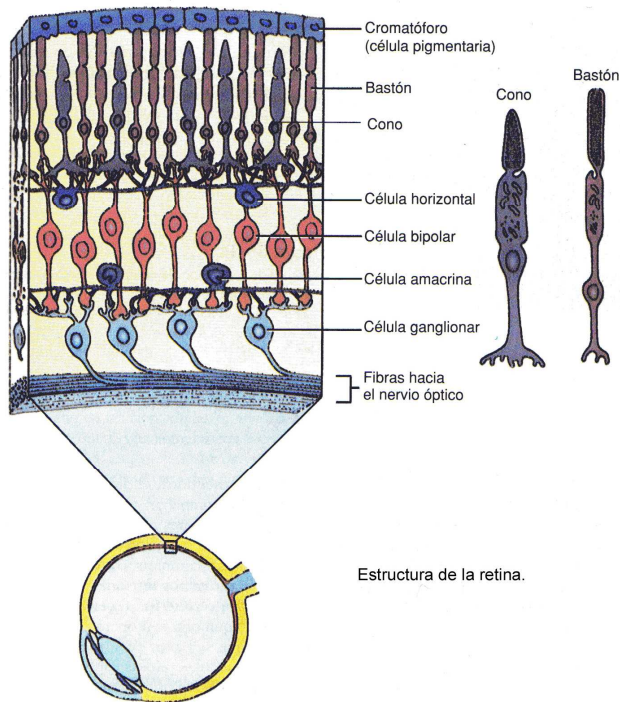
_RTS S_NT_ MÔNIC_



Estructura del ojo humano.



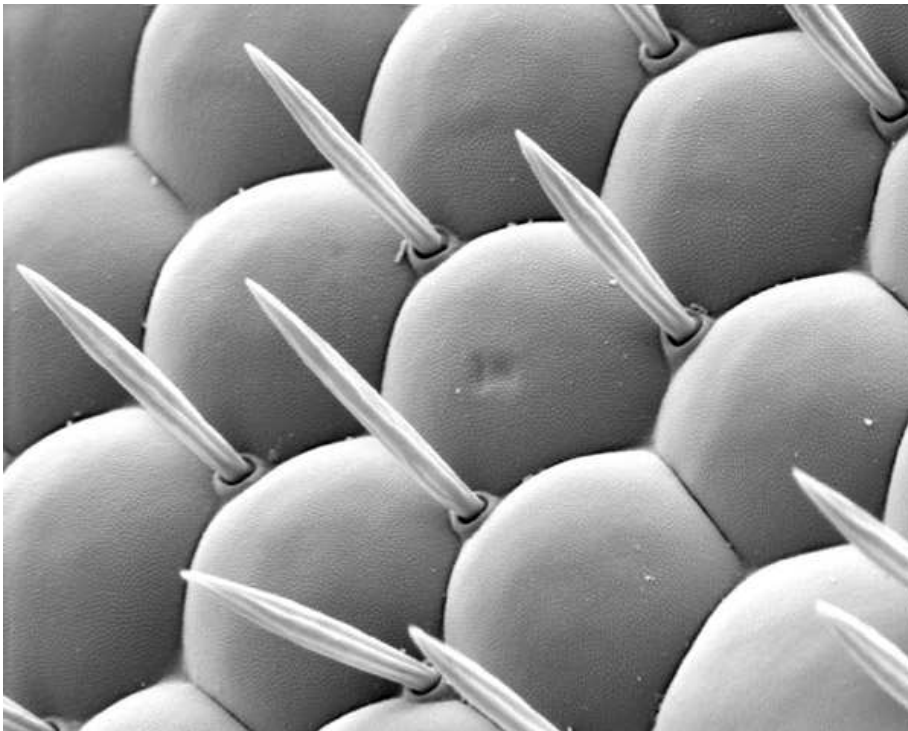
_RTS S_NT_ MÒNIC_



L'ull compost dels artròpodes. L'ull de mosca

A diferència de l'ull humà, l'ull de mosca no és una estructura global, sinó que està format per petites unitats. Cada unitat és com un ull petit, i s'anomena *ommatidi*. La forma d'un ommatidi, que és una mena de cilindre llarg amb una lent a la base exterior i una única cèl·lula fotoreceptora a la base interna, permet que només arribin a la cèl·lula fotoreceptora els raigs que tenen una direcció paral·lela a l'eix del cilindre. Així s'aconsegueix que cada cèl·lula fotoreceptora només rebi fotons d'una zona del camp visual.

Es creu que la imatge de l'entorn que obté una mosca mitjançant el seu ull compost és com un mosaic. Les mosques potser no acaben de diferenciar les formes d'alguns objectes, però són totalment capaces de veure si tals objectes es mouen, s'acosten o s'allunyen. A més a més, la mosca té el reflex de fugir de qualsevol cosa que no identifica i que se li apropa, i és per això que és tan difícil atrapar-les.



[foto de l'ull d'artròpodes (mosca, tàvec) i detall de l'ommatidi]

L'ull dels cefalòpodes. L'ull de pop

Tot i que el pop és un invertebrat, el seu ull és d'estructura anàloga a la dels ulls de vertebrats. No obstant, hi ha diverses proves que assegurin que l'ull d'un pop i el d'un humà no tenen res a veure evolutivament. Què vol dir això? Doncs que els vertebrats i els cefalòpodes van desenvolupar independentment la mateixa solució per al mateix problema. Això pot fer pensar que l'estructura de l'ull a la qual han arribat els vertebrats i els cefalòpodes és òptima, i que potser no hi pot haver un altre tipus d'ull capaç de proporcionar unes imatges més nítides. De fet, el funcionament de les càmeres fotogràfiques és similar a aquest tipus d'ulls: un orifici que regula la quantitat de llum que entra i una lent que enfoca la imatge a la capa fotosensible.



[Foto de l'ull de pop]



_RTS S_NT_ MÔNIC_

7.

La màgia de les cuques de
llum... És màgia de debó?

Potser sí, potser no. Però per què no aclarim una mica els perquè que envolten aquests petits animalons? Què us sembla si ens fem tan o més petits que ells i ens endinsem en les seves societats, en les seves relacions amoroses i, fins i tot, en les seves entranyes? Bé, com vulgueu, però jo ja hi vaig.

Per qui s'hi hagi apuntat, aquí teniu un mapa on s'indica amb un cercle el nostre destí.



Aquest mapa rep el nom d'*arbre de la vida*, o també *arbre filogenètic*, i vol ser una representació evolutiva de totes les espècies de la Terra. És una aproximació a l'arbre que sortiria en fer tota la teva genealogia, és a dir, les relacions de parentesc que tens amb la teva mare i el teu pare, amb els germans i les germanes, amb els avis, àvies, i amb els tiets, les tietes i els cosins, també amb les besàvies, besavis, etc. Començar a construir la teva genealogia és fàcil; prova de dibuixar-la fins on puguis, i veuràs que difícil és arribar una mica lluny. Però, i si arribessis al final?



_RTS S_NT_ MÒNIC_

I què té a veure l'arbre de la vida amb les cuques de llum? Doncs primer de tot ens ensenya que aquests organismes, tot i ser molt estranys, no vénen d'un altre planeta. Són un tipus d'escarabat, parents llunyans d'altres insectes com les mosques o les formigues. Això sorprèn, perquè si les cuques de llum són un tipus d'escarabat, per què no tots els escarabats poden fer llum? O, hi ha altres espècies capaces de produir llum?

Anem a pams, pregunta per pregunta, però, abans que res... ja sabem què és la llum? Com neix la llum? Si busques d'on ve la llum que et permet llegir aquestes línies, hauràs trobat una font de llum. Suposo que aquesta vegada deu ser una o diverses bombetes, la font que et banya a tu i al text, però no sempre és així. Els nostres avantpassats prehistòrics ja tenien llum sense electricitat, i, tornant al tema, les cuques de llum no s'endollen pas al corrent. Quantes fonts de llum coneixes? Vigila que n'hi ha que només ho semblen, com la lluna.

Són iguals els mecanismes de totes les fonts de llum? No, hi ha múltiples mecanismes. Les fonts de llum poden il·luminar per un procés d'*incandescència* o per un procés de *luminescència*. La incandescència s'aconsegueix en escalfar molt un objecte qualsevol. De fet, tots els objectes i fins i tot nosaltres emetem radiacions electromagnètiques, el que passa és que aquestes no pertanyen a l'espectre de la llum visible i per això nosaltres i tants altres objectes no som fonts de llum. Tot i així, si un objecte es trobés a una temperatura de 400 °C o superior, aleshores sí que brillaria. Això és el que passa amb el fil de les bombetes de tota la vida, amb les torxes i amb el ferro fos, per exemple.

D'altra banda, parlem de luminescència quan objectes no necessàriament calents irradien llum visible. Hi ha també múltiples processos luminescents. Alguns necessiten absorbir llum prèviament, com és el cas de la pintura fosforescent que es carrega amb llum. D'altres es basen en una reacció química, en la qual, a partir d'uns reactius, es forma una molècula energèticament excitada que emet un fotó en relaxar-se. I n'hi ha d'altres, però no són importants per al tema que tractem.



_RTS S_NT_ MÒNIC_

Ara ja sí, una última pregunta i arribem a l'abdomen de la cuca de llum. Com que el destí d'aquest viatge és un animal, ens és obligat preguntar-nos què és un animal, o, de manera més general, què és un organisme viu. Sigui el que sigui que t'hagis respost, serà una part de la naturalesa, i, per tant, s'hi podran produir reaccions químiques. El cert és que pràcticament tots els objectes classificats com a vius són espais on s'esdevenen milers i milers de reaccions químiques diferents, algunes compartides per organismes d'espècies diferents i d'altres d'una espècie determinada.

Per tant, si en els organismes vius hi ha tantíssimes reaccions químiques diferents, no ens ha de sorprendre que algunes formin molècules energèticament excitades capaces d'emetre llum. I això és senzillament el que passa a la panxa de les cuques de llum, on es produeix una reacció química que fa llum de la mateixa manera que podria contraure un múscul de la cama o sintetitzar una molècula de sucre. I la veritat és que les cuques de llum no són els únics organismes on es poden donar reaccions luminescents. Trobem fonts de llum "vives" en altres insectes, en cucs, en peixos i en meduses de les profunditats, en bacteris i fins i tot en bolets. Al regne viu hi ha llum aquí i allà, però per a què els serveix fer llum?

En el cas d'algunes espècies de cuques de llum s'ha vist que són les femelles, les que produeixen llum, i la utilitzen com un mitjà de comunicació: brillen per atraure un mascle i reproduir-se. Altres espècies amb individus de mida més grossa, imiten la llum que fan les cuques més petites per atraure els mascles a una trampa mortal: la cuca grossa es menja la petita innocent que es pensava que anava a reproduir-se. Hi ha peixos de les profunditats que fent llum poden il·luminar el medi per veure-hi, i distingir així les preses dels depredadors. Es creu que els bolets que brillen en la foscor atrauen diferents insectes durant la nit que faciliten la dispersió de les seves espores.

Les cuques de llum són un exemple proper a la capacitat de fer llum que tenen un grup d'organismes molt diversos. Per aquest motiu hem de deixar de pensar que són màgiques? Potser sí. Per aquest motiu



hem de pensar que la màgia de les cuques de llum forma part de la vida mateixa? Potser també.

8.

Proposta per a les línies en relació amb el projecte expositiu Freqüències

LA LLUM COM A ONA

SECCIÓ: ONES ELECTROMAGNÈTIQUES

() Imatge de l'espectre electromagnètic.*

(?) Algun cop us heu preguntat què és la llum?

Una manera d'entendre la llum és pensar-la com una ona. Una ona que pot viatjar pel buit (ona electromagnètica). Ona transversal.

() Diapositiva d'una ona transversal.*

Ones transversals (llum, ones ràdio...): es propaguen perpendicularment a la direcció de vibració. Explicació de freqüència, longitud d'ona, amplitud.

(http://sites.google.com/site/anilandro/_/rsrc/1228521957323/00201-c1-teoria-electromag/00201-03-onda.jpg)

() Experiència amb un simulador de so o llum: canviem l'amplitud, el senyal no canvia; canviem la freqüència/longitud d'ona, ara sí que ha canviat.*

Relació entre la freqüència i l'energia de l'ona. Com més propera al blau és la llum, més energia té, i més escalfor transmet.

() Diapositiva de l'espectre electromagnètic. Exemples que evidencien el fet: espelma, estels.*

Així, doncs, diem que els colors són "freds" o "calents" a partir de la nostra experiència quotidiana, però ho fem "equivocadament" segon la física del color.

() Experiència amb placa fotovoltaica: il·luminar-la amb diversos tipus de llum (colors) i veure, amb un voltímetre, quina és la quantitat d'energia que produeix la placa en cada cas.*



(?) Coneixeu altres tipus d'ones?

El so (música de fons d'una de les sales).

(?) Pensem en l'espai. Què creieu que passarà?

(*) vídeo de l'espai mentre ho expliquem.

Veiem però no sentim res. So i llum són tipus d'ones diferents. So: ona longitudinal.

(*) Diapositiva d'ona longitudinal.

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Onde_compression_impulsion_1d_30_petit.gif)

Les ones de so són ones mecàniques (necessiten un medi material per viatjar).



LA NATURA DUAL DE LA MATÈRIA

SECCIÓ: LA DUALITAT ONA-CORPUSCLE

()Imatge de Wikipedia: dualitat*

(<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Dualite.jpg>)

A vegades les coses es poden veure des de molts punts de vista, tenen moltes interpretacions.

Expliquem com des que Newton va començar a pensar què era la llum (s. XVII) els físics han discutit molt sobre si la llum són ones o partícules.

Exemples:

-Newton entenia la llum com a partícula quan pensava en la imatge que produeix un mirall (partícules rebotant).

-Quan pensem en la llum viatjant per l'espai, sembla més una ona.

()Imatge de Wikipedia: llum passant per doble escletxa*

(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/15/Young.gif>)

(?) Què penseu que mireu d'entendre amb aquest experiment?

Expliquem que va ser realitzat per primer cop per Thomas Young al 1801. Volia demostrar que la llum era una ona.

(Breu explicació de l'experiment: emissor de llum, detector... Als llocs on dues crestes coincideixen hi ha llum; sinó, fosc.)

(?) I si repetim l'experiment però, en comptes de llum, fem servir electrons?



Els electrons són partícules. Aleshores, esperem que uns passin per una escletxa i uns altres per l'altra, i que es produeixin dues marques al detector.

() Diapositiva amb el que esperem.*

Però el que veiem és...

() Diapositiva o vídeo amb la imatge real*
(http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Double-slit_experiment_results_Tanamura_2.jpg)

(?) Què us sembla aquesta imatge? És com la que va trobar-se Young quan intentava demostrar que la llum era una ona.

Com a físics estem desconcertats. Si els electrons son partícules, per què en aquest cas es comporten com ones?

És un fet: la matèria té una naturalesa dual (a vegades ona, a vegades partícula, depenent de com te la miris).

(*) Experiència virtual de l'efecte fotoelèctric
(<http://www.educaplus.org/luz/lcomoparticula.html>)

Explicuem l'experiment (feix de llum d'un sol color incidint sobre un metall) i la interpretació que en fem actualment (per no donar-los una idea falsa de la interpretació d'Einstein, que inicialment no pensava en fotons): cada partícula de llum, si porta prou energia, "arrenca" un electró (l'electró absorbeix el fotó i se'n va). Partícules de llum=fotons.

(?) Llavors, com quedem? La llum és una ona o és una partícula? I la resta de matèria? Si faig xocar un elefant contra una escletxa, es produirà un patró d'interferències?



Difracció d'electrons: fenomen quàntic. La quàntica = món d'allò molt petit (àtoms, electrons...).

Nota: aquest experiment ens il·lustra sobre la manera de treballar del físic (per extensió, del científic): per conèixer, necessitem mesurar, experimentar. Abans de mesurar no podem dir res fiable sobre allò que pretenem conèixer, atès que les nostres intuïcions (o els nostres sentits) no sempre ens porten a bon port: només amb això, no podríem conèixer el món tal com és.



EL CODI ATÒMIC

SECCIÓ: ESPECTRE ATÒMIC

() Comencem amb una diapositiva d'un espectre atòmic.*

(?) Que ho heu vist abans, això?

Explicuem com trobem (d'on surt) l'espectre atòmic.

() Experiència del prisma / Si no en tinguéssim, n'hi ha un vídeo a YOUTUBE.*

Bàsicament, expliquem que la llum blanca és una suma de llum de tots els colors. En fer-la passar per un prisma (en òptica un prisma és un objecte capaç de refractar, reflectir i descompondre la llum en els colors de l'arc iris), disminueix la seva velocitat desviant la seva trajectòria i formant un angle amb la superfície del prisma. Cada color es desvia d'una manera diferent, ja que no tenen les mateixes característiques a l'hora de viatjar. O és igual la manera com viatja una tortuga que la manera com viatja un guepard?

(?) Per què se separen els colors?

Associem energia amb color. Ho podem exemplificar amb una espelma o amb els astres. En una espelma podem veure que la part més calenta o energètica (la més interna) tendeix al color blau, i que la més externa o menys energètica tendeix cap als taronges.

() Diapositiva d'una espelma.*

(<http://elfindelosdiasgrises.blogia.com/upload/20080303082406-vela.jpg>)

(http://2.bp.blogspot.com/_ryZuv8xk8Hw/SXw2de3usAI/AAAAAAACKo/qQGujwL1BTY/s400/vela.jpg)

Tornem als espectres: cada línia té a veure amb una energia.



(*) Diapositiva de diferents espectres / diferents elements.

(?) Per què són diferents els espectres? Què és el que els diferencia?

Cada espectre correspon a un element diferent. Cada material està compost de diferents elements.

(?) Però... què és un element?

(*) Vídeo des d'una vista de l'univers fins a l'àtom.

(<http://www.youtube.com/watch?v=A2cmlhfdxuY&feature=fvfw>)

Explicuem l'estructura atòmica: un àtom està format per un nucli i un conjunt d'electrons al voltant.

L'electró, segons l'àtom, pot tenir diferents energies.

(*) Associació amb l'escala pintada.

Parlem dels salts que fan els electrons entre nivells energètics.

L'energia que un electró perd o guanya en canviar de graó s'emet en forma de llum o s'absorbeix en forma de llum, també.

Ho relacionem amb els codis de barres: els espectres atòmics són ben bé "L'ADN DELS ELEMENTS".



EL COLOR DE LES ESTRELLES

SECCIÓ: ASTRONOMIA

() Comencem amb una diapositiva d'una galàxia (Via Làctia).
(http://portalhispano.files.wordpress.com/2009/01/via_lactea.jpg)*

Us sona aquesta imatge?

Expiquem que això és casa nostra, ja que és la nostra galàxia.
Assenyalen en quin braç som. L'univers és ple de color.

Qui s'encarrega d'estudiar l'univers?

Els astrònoms (físics).

I com s'ho fan per estudiar-lo?

Amb un telescopi. Això significa que per estudiar l'univers l'única cosa que podem fer és observar-lo i interpretar-ne la informació.

Què és el que emeten les estrelles (o els astres en general)?

Emeten radiació. La llum és una petita part d'aquesta radiació.

() Diapositiva dels tipus de radiació (espectre electromagnètic).
(<http://eltamiz.com/wp-content/uploads/2008/11/espectro-electromagnetico.png>)*

Explicuem l'espectre, amb exemples.

Radiofreqüència: ràdio.

Microones: WI-FI, Bluetooth, forn microones...

Infraroig: visió nocturna, alguns animals.

Visible: tot allò que podem veure.



Ultraviolat: travessa l'atmosfera des que estem destruint la capa d'ozó. Per això ens posem protecció solar.

Raigs X i gamma: es fan servir per a aplicacions mèdiques: radiografies, tomografies...

Per què classifiquem la radiació d'aquesta manera?

Perquè la radiació (i la llum, com una petita part d'aquesta) no és més que energia. No tots els telescopis observen la llum visible; de fet, n'hi ha molts que detecten altres parts de la radiació.

() Diapositiva d'alguns telescopis que no tenen objectiu. Un ordinador s'encarrega d'interpretar una informació que no és visual. (http://guateciencia.files.wordpress.com/2009/05/horn_antenna-in_holmdel_new_jersey.jpeg)*

I què té a veure això amb el color?

() Diapositiva de l'espectre visible. (http://2.bp.blogspot.com/_hbUVEXMuZeg/RY30xN6CoQI/AAAAAAAAAFA/sNwCZPm7UKs/s320/espectro.jpeg)*

La regió de radiació visible també es pot dividir en diferents franges/zones/àrees. Aquesta divisió també està relacionada amb l'energia. És a dir, la llum de color vermell és menys energètica que la de color violat.

Per posar un exemple, parlarem de la vida d'una estrella.

() Imatge de les diferents magnituds de les estrelles. (<http://www.taringa.net/posts/info/1998443/De-que-color-son-las-estrellas.html>)*

Quan una estrella és molt jove, la seva temperatura és molt elevada i el seu color, dins de l'espectre de llum visible, és entre el blau i el morat. A mesura que evoluciona, i depenent de la seva massa, es va fent groga o ataronjada, per acabar la seva vida amb un color



_RTS S_NT_ MÒNIC_

vermellós. Finalment, algunes estrelles es transformen en nanes blanques. Aquest tipus d'estrella emet només energia tèrmica emmagatzemada, i per aquest motiu té una lluminositat molt dèbil (ja anem més enllà del visible, cap a l'infraroig).

(L'astronomia classifica les estrelles en 7 categories segons la mida i el color. Així, les estrelles més joves, més petites i molt calentes, són de color blau i s'anomenen estrelles O. Les velles, molt més grans i fredes, entren a la categoria M.).



_RTS S_NT_ MÔN IC_

9.

Els colors dels elements

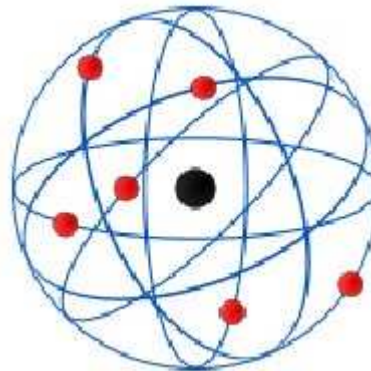
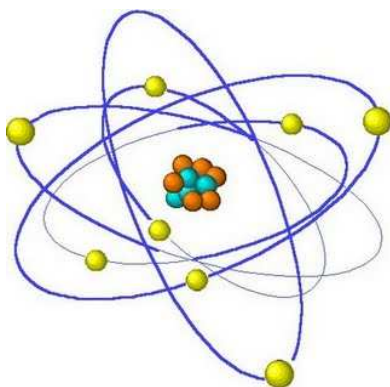


_RTS S_NT_ MÒNIC_

Expressions tan comunes i suggestives com ara "vermell cadmi", "verd maragda", "blanc de titani" o "blau turquesa", ens associen molt directament un color a un material. Tal i com ens va explicar Aristòtil, *qualsevol material és un element o és compost de diversos elements*.

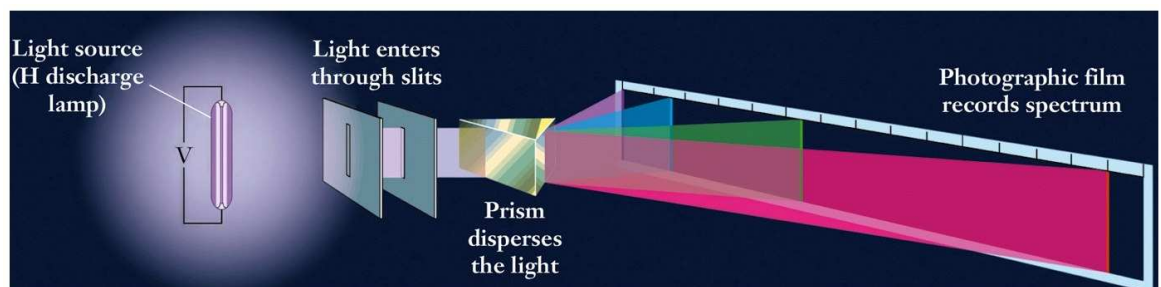
Per tal de poder associar un color a un element químic cal saber:

- Què és un element químic?
És una substància que no pot ser descomposta en d'altres més senzilles. Els elements químics estan formats per unitats iguals entre si anomenades àtoms.
- Com està format un element químic?
Un element químic està format per àtoms iguals. Un àtom està constituït per tres tipus de partícules: neutrons (sense càrrega i amb una massa de $1,67 \times 10^{-24}$ g), protons (càrrega positiva i la mateixa massa que el neutró) i electrons (càrrega negativa i massa molt inferior a les altres dues, $9,11 \times 10^{-28}$ g)
- Com és un àtom?
Un àtom s'assembla a un sistema planetari petit. El nucli (el sol), format pels neutrons i els protons conté gairebé tota la massa i, al seu voltant, giren els electrons (els planetes) en òrbites diferents. El nombre d'electrons és igual al de protons i, per tant, els àtoms són neutres.



Àtom de Bohr

- En què es diferencien els elements químics entre si?
Cada element químic es defineix pel nombre de protons que contenen els seus àtoms, el qual rep el nom de nombre atòmic, i es representa per un símbol. Per exemple, el ferro, Fe, conté 26 protons i el mercuri, Hg, en té 80.
- On se situen els electrons?
Els electrons es col·loquen en òrbites diferents, cadascuna de les quals té una determinada energia que és més gran quant més s'allunya del nucli. Això significa que un electró ha d'adquirir energia per passar a una òrbita superior mentre que n'ha de despendre per passar a una d'inferior. Aquests processos de guany (absorció) o pèrdua (emissió) d'energia generen els espectres atòmics.

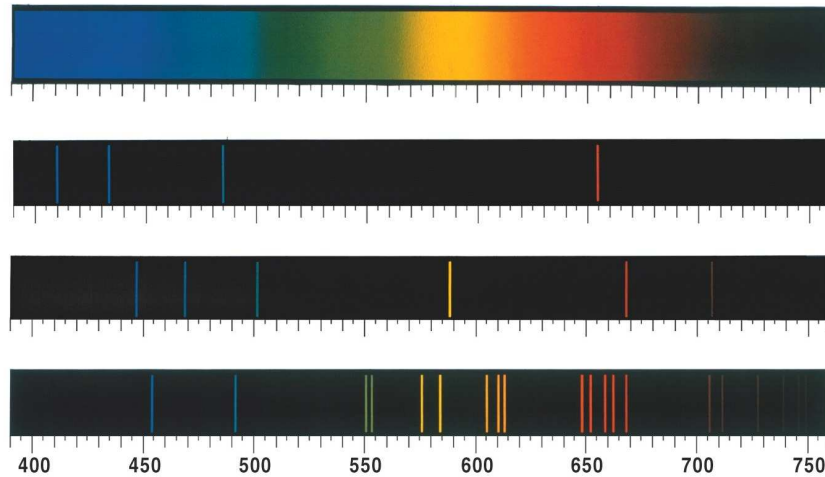


Esquema d'un espectroscopi per obtenir un espectre

- Què són els espectres atòmics d'emissió?
Un espectre és la llum (radiació electromagnètica) emesa quan els electrons passen des d'una òrbita més energètica a una altra de menor energia. Segons quina sigui la diferència d'energies de les òrbites involucrades la llum emesa té una freqüència (color) o una altra.

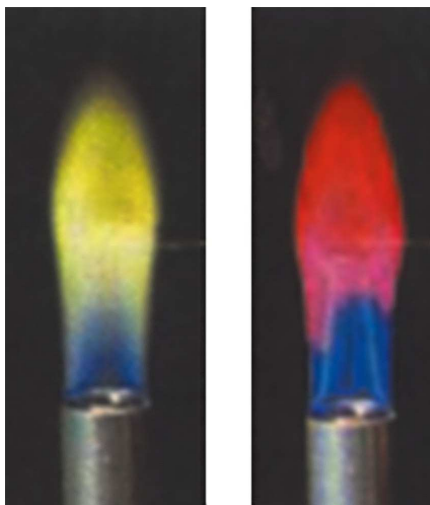


_RTS S_NT_ MÒNIC_



Zona del visible de l'espectre electromagnètic i espectres d'emissió dels elements (a) Espectre continu; (b) Hidrogen; (c) Heli; (d) Bari.

Per obtenir l'espectre, cal haver excitat prèviament l'electró des del seu estat natural (el de mínima energia) fins a un estat d'energia superior. L'excitació prèvia necessària es pot fer mitjançant l'aportació d'energia calorífica, elèctrica, etc. Els colors observats en els focs artificials són, de fet, els espectres d'emissió de diferents elements químics; per exemple el liti dona una llum de color vermell, el sodi de color groc i el potassi de color violeta.



Llum groga del sodi (Na) i vermella del liti (Li) generades en una flama



_RTS S_NT_ MÒNIC_

L'Ordre dels elements: La Taula Periòdica

A la naturalesa es troben un centenar d'elements, la combinació dels quals genera els compostos químics, per exemple l'aigua formada per hidrogen i oxigen (H_2O), la sal per sodi i clor ($NaCl$), l'alcohol per carboni, hidrogen i oxigen (CH_3CH_2OH) o l'àcid sulfúric per sofre, hidrogen i oxigen (H_2SO_4). De fet, però, la quasi totalitat d'allò que ens envolta són mescles de compostos químics, com ara l'aire que és una mescla d'oxigen (O_2), nitrogen (N_2), aigua (H_2O) i, cada dia més, diòxid de carboni (CO_2).

Malgrat la gran diferència de propietats físiques i químiques dels elements i de la seva abundància relativa a l'univers, el nombre atòmic en permet una ordenació perfecta: la Taula Periòdica.

TAULA PERIÒDICA DELS ELEMENTS																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1,0079 H HIIDROGEN 1,00784 1,00796 1,007825																	2,0038 He HELI 4,002602
2	6,941 Li LITI 6,939 6,940898	9,0122 Be BERIL·LI 9,012182 9,0121831											10,811 B BOR 10,806 10,8107	12,0107 C CARBON 12,0096 12,0107	14,0067 N NITROGEN 14,00643 14,00643	15,9994 O OXÍGEN 15,99903 15,9994	18,9984 F FLUOR 18,9984032 18,9984	20,1797 Ne NEÓ 20,1797 20,1797
3	22,98976928 Na SODI 22,98976928	24,30409 Mg MAGNESI 24,30409											26,9815385 Al ALUMINI 26,9815385	28,0855 Si SILICI 28,0855	29,9591224 P FÒSFOR 29,9591224	30,973762 S SOFRE 30,973762	35,453 Cl CLOR 35,453	39,948 Ar ARGÓ 39,948
4	39,0983 K POTASSI 39,0983	40,078 Ca CALCI 40,078	44,9559 Sc ESCANDI 44,9559	47,867 Ti TITANI 47,867	50,9415 V VANADI 50,9415	51,9961 Cr CROM 51,9961	54,9380 Mn MANGANES 54,9380	55,845 Fe FERRO 55,845	58,9332 Co COBALT 58,9332	58,9332 Ni NIQUEL 58,9332	63,546 Cu COBRE 63,546	65,39 Zn ZINC 65,39	69,723 Ga GAL·LI 69,723	72,64 Ge GERMANI 72,64	74,9216 As ARSENIC 74,9216	78,96 Se SELENI 78,96	79,904 Br BROM 79,904	83,798 Kr CRIPTO 83,798
5	85,4678 Rb RUBIDI 85,4678	87,62 Sr ESTRONCI 87,62	88,9059 Y ITRI 88,9059	91,224 Zr ZIRCONI 91,224	92,9064 Nb NIOBI 92,9064	95,94 Mo MOLBIDENE 95,94	95,94 Tc TECNICI 95,94	101,07 Ru RUDI 101,07	101,07 Rh RINI 101,07	106,42 Pd PAL·LADI 106,42	106,42 Ag PLATA 106,42	107,8682 Cd CADMI 107,8682	112,411 In INDI 112,411	114,818 Sn ESTANY 114,818	118,710 Sb ANTIMONI 118,710	121,760 Te TEL·LURI 121,760	127,60 I IODE 127,60	126,905 Xe XENO 126,905
6	132,905 Cs CESI 132,905	137,327 Ba BARI 137,327	138,905 La-Lu LANTANIDIS	178,49 Hf HAFNI 178,49	180,9479 Ta TÀNTAL 180,9479	183,84 W TUNGSTÈ 183,84	186,207 Re RENI 186,207	186,207 Os OSMI 186,207	190,23 Ir IRIDI 190,23	192,225 Pt PLATÍ 192,225	195,084 Au OR 195,084	196,9665 Hg MERCURI 196,9665	200,59 Tl TALLI 200,59	204,383 Pb PLOM 204,383	207,2 Bi BISMUT 207,2	208,9804 Po POLONI 208,9804	209 At ASTAT 209	210 Rn RADÓ 210
7	223,0219861 Fr FRANCI 223,0219861	226,0254 Ra RADI 226,0254	227 Ac-Lr ACTINIDIS	227 Rf RUTHERFORDI 227	261 Db DUBNI 261	262 Sg SEABORGI 262	264 Bh BOHRI 264	269 Hs HASSE 269	269 Mt MEITNERI 269	281 Ds DARMSTADTI 281	281 Rg ROZENTGENI 281	285 Uub UNUBI 285	285 Uut UNUNTTRI 285	286 Uuq UNUNQUÀDI 286	286 Uup UNUNPENTI 286	286 Uuh UNUNHEXI 286	286 Uus UNUNSEPTI 286	286 Uuo UNUNOCTI 286
8	138,9055 La LANTANI 138,9055	140,116 Ce CERI 140,116	140,9077 Pr PRASEODIMI 140,9077	144,242 Nd NEODIMI 144,242	145 Pm PROMETI 145	150,36 Sm SAMARI 150,36	151,964 Eu EUROPI 151,964	157,25 Gd GADOLINI 157,25	158,9254 Tb TERBI 158,9254	162,50 Dy DISPROSI 162,50	164,9303 Ho HOLMI 164,9303	167,259 Er ERBI 167,259	168,9342 Tm TERMI 168,9342	173,04 Yb YTERBI 173,04	174,967 Lu LUTETI 174,967			
9	227 Ac ACTINI 227	232,0377 Th TORI 232,0377	231,03689 Pa PROTOACTINI 231,03689	238,02891 U URANI 238,02891	237 Np NEPTUNI 237	244 Pu PLUTONI 244	244 Am AMERICI 244	247 Cm CURMI 247	247 Bk BERKELI 247	251 Cf CALIFÒRNI 251	252 Es EINSTEINI 252	257 Fm FERMI 257	259 Md MENDELEVI 259	261 No NOBELI 261	262 Lr LAURENCI 262			



Làpida commemorativa de Dimitri I. Mendeleiév a l'entrada de l'edifici de la Universitat de Sant Petersburg on va desenvolupar la seva tasca científica

L'establiment l'any 1868 de la Taula Periòdica es deu al científic rus Dimitri I. Mendeléeiev (1834-1907) que recull i completa les propostes d'alguns químics anteriors. La Taula Periòdica és la disposició ordenada dels elements químics segons el seu nombre atòmic en un conjunt de grups (columnes) i períodes (files) que reflecteixen les propietats dels elements i dels seus compostos. La regularitat que la regeix permeté a Mendeléeiev predir l'existència i propietats d'elements desconeguts en aquell moment. Alguns d'aquests elements, el germani (Ge), el gal·li (Ga) i l'escandi (Sc), foren descoberts poc després i les seves propietats s'ajustaven molt bé a les vaticinades per Mendeléeiev (www.bib.ub.edu/evirtuals/mendeleiev/1024.html : Pòster sobre la història de la Taula Periòdica corresponent a l'exposició "L'ordre dels elements abans i després de Mendeleiév" a la Biblioteca de Física i Química de la UB)

La Taula Periòdica constitueix un dels èxits cabdals de la Ciència i ha significat un pas de gegant en el procés d'interpretació de la naturalesa (www.webelements.com : Taula Periòdica que inclou una gran quantitat d'informació sobre els elements químics i els seus compostos | www.ub.edu/inorgani/dqi.htm : Web del Departament de Química Inorgànica de la UB. A l'apartat "Enllaços" es pot trobar un conjunt molt divers de Taules Periòdiques | www.periodicvideos.com : La Universitat de Nothingam té una pàgina Web on es pot veure un vídeo breu dedicat a cadascun dels elements)

10.

**Preguntes i links
relacionats**



_RTS S_NT_ MÒNIC_

Per què és blanca, la llum del sol?	Per saber-ne una mica http://www.edu365.cat/primaria/muds/visual/teoria_color/index.htm Per saber-ne més: explicació detallada http://www.webpersonal.net/avl3119/infmt4/color3.htm Experiment: construeix el teu espectroscopi casolà http://eureka.ya.com/astronomia76/cat/ta4.html
Per què veiem els objectes de colors?	Per saber-ne una mica http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=19198&p_ex=el%20m%F3n%20meravell%F3s%20del%20color Per saber-ne més: la llum blanca i els colors, percepció del color http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=21879&p_ex=colors Per saber-ne més: coses que canvien de color, sensacions associades al color http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=21557&p_ex=llum



_RTS S_NT_ MÒNIC_

	Més enllà: psicologia dels colors, el color blau http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=24116
Per què és blau, el cel?	Per saber-ne una mica http://www.youtube.com/watch?v=vbg0SWrHBqM Per saber-ne més: explicació extensa i esquemes http://meteotossa.blogspot.com/2009/05/per-que-el-cel-es-blau.html Més enllà: fenòmens de la llum al cel http://www.portaleureka.com/revista/portada-revista/103-ilusions-celestes
Què és la llum?	Per saber-ne una mica http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=19216&p_ex=la%20radiaci%F3%20electromagn%E8tica Per saber-ne més: unes quantes idees sobre la llum http://www.educaplus.org/luz/ideasluz.html



_RTS S_NT_ MÒNIC_

	Més enllà: portal dedicat a la ciència... busca la llum! http://www.edu365.cat/aulanet/ciencia/
Què és un àtom?	Per saber-ne una mica http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=19211&p_ex=%E0tom&p_num=3 Per saber-ne més: la mida de l'àtom http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=19956&p_ex=%E0tom&p_num=3 Per saber-ne més: busca l'àtom a l'enciclopèdia de la ciència http://www.edu365.cat/aulanet/ciencia/ Més enllà: taula periòdica interactiva http://scq.iec.cat/scq/nostrescoses/taula/taulespremiades/oriolbonjoch/taulaperiodica.htm
Què és un làser?	Per saber-ne una mica http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=17061 Per saber-ne més: explicació detallada i precisa



_RTS S_NT_ MÒNIC_

	http://www.portaleureka.com/content/view/352/55/lang,ca/ Més enllà: el làser com a eina mèdica http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=42933&p_ex=llum
Quina relació hi ha entre la llum i el so?	Per saber-ne una mica http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=19347&p_ex=llum Per saber-ne més: transmissió del so http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_id=21344



FREQÜÈNCIES

EUGÈNICA BALCELLS

Un projecte a cura d'Eulàlia Bosch

FREQÜÈNCIES és el primer projecte de l'Espai Laboratori dirigit per Josep Perelló i dedicat a iniciatives que mostrin la relació contemporània entre ciències i arts.

UNA PRODUCCIÓ D'EUGÈNICA BALCELLS PER L'ARTS SANTA MÒNICA -

DEPARTAMENT DE CULTURA I MITJANS DE COMUNICACIÓ

AGRAÏMENTS: ICE - UNIVERSITAT DE BARCELONA, BARCELONA CIÈNICA - ICUB, AJUNTAMENT DE BARCELONA - MEDI AMBIENT, BARCELONA/CATALUNYA FILM COMISSION, MEIAC-MUSEO EXTREMEÑO E IBEROAMERCANO DE ARTE CONTEMPORÁNEO.

_RTS S_NT_ MÒNIC_

ARTS CIÈNCIA
PENSAMENT COMUNICACIÓ
LA RAMBLA 7
08002 BARCELONA
TEL +34 93 316 28 10
WWW.ARTSSANTAMONICA.CAT

DILLUNS TANCAT
DIMARTS-DIUMENGES 11-21H
<M> DRASSANES <P> BICING



Generalitat de Catalunya
Departament de Cultura
i Mitjans de Comunicació

MITJANS COL·LABORADORS



CATALUNYA
RÀDIO

L'AVANGUARDIA

VILAWEB



EMPRESES COL·LABORADORES



AJUNTAMENT DE
VILAJUÏGA

CODORNIU

INSTITUCIONS ACADÈMIQUES COL·LABORADORES



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Fundació
Bosch i Gimpera
Universitat de Barcelona

INCOM UAB

Institut de la Comunicació
Universitat Autònoma de Barcelona

UAB

Departament d'Innovació
de Recerca