

Tots els colors del blanc

Paco Savall

Professor de Física i Química - IES Núm. 1 - Xàbia

És innegable que vivim rodejats de llum, i també de llums. Les tècniques per produir llum a partir d'electricitat han canviat molt en poc més de 100 anys: des de la bombeta incandescent patentada per Thomas Alva Edison el 1880 fins a la invenció del led blau per Isamu Akasaki, Hiroshi Amano i Shuji Nakamura el 1992, que els ha valgut el Nobel de Física en 2014. Si fem un repàs ràpid a les bombetes de llum d'ús més comú ens venen a la ment les bombetes incandescentes, els llums halògens, els tubs fluorescents, les bombetes de baix consum i els leds. Totes elles emeten llum blanca amb una tonalitat groguenca que depèn del tipus de font lluminosa, de la potència i de les característiques que el fabricant ha volgut, o pogut, donar-los.

Tots no! Podria dir algun observador minuciós. I és que els leds s'usen en moltes ocasions com a fonts de llum de color. Així ha estat des que van aparèixer i només darrerament s'han sumat a la resta de llums quotidians, emissors de llum blanca. Això ens porta a preguntar-nos com és la llum que emet cadascuna d'aquestes bombetes. No és llum blanca, igual per a totes? Vegem-ho.

Les bombetes incandescentes

Possiblement l'invent més famós de la història, el que simbolitza l'adveniment d'una idea i caracteritza als genis. Durant els darrers anys han anat desapareixent de la nostra vida quotidiana fins el punt que, actualment, no és senzill trobar-les. Motiu? Tenen un rendiment molt baix, necessiten molta energia per escalfar-se a temperatures elevades per emetre llum. Això fa que gran part de l'energia que consumeixen es dissipi en forma de calor en lloc de contribuir a la producció de llum.

La llum que emeten no és completament blanca sinó que té tonalitats groguenques, especialment acusades en les bombetes de menor potència perquè assoleixen menor temperatura. Si agafem una d'aquestes bombetes i descomponem la llum que emet per obtenir els colors que la formen obtenim tot l'arc de Sant Martí, com observem en la imatge. Aquesta descomposició cromàtica de la llum rep el nom d'espectre i en aquest cas concret d'espectre continu, en tant que conté tots els colors de manera consecutiva, un rere l'altre.

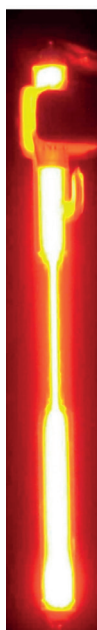
Els llums halògens

Són molt semblants a les anteriors: un filament s'escalfa a elevada temperatura i emet llum. La principal diferència és que aquestes bombetes incorporen xicotetes quantitats d'un gas halogen que reacciona amb el filament allargant la vida de la bombeta i impeding que el tungstè que forma el filament es dipositi sobre el vidre i l'ennegrisca. Això els permet treballar a major temperatura, la qual

L'elevada eficiència energètica, la mida reduïda, l'adaptabilitat en el disseny i l'àmplia variabilitat fan dels leds la millor opció.



Llum halogen per a ús domèstic. S'hi observa tot l'aparell, la bombeta es troba just en el centre. Quan descomponem la llum que emet observem l'espectre continu de la dreta, que conté tots els colors, com el de la bombeta incandescent.



Tub de neó d'un laboratori escolar. Amb aquests tubs es poden fer lluminosos per a publicitat i, canviant o mesclant el gas que contenen, es poden aconseguir molts colors.



Colors que formen la llum que emet una bombeta incandescent. Podem observar que la gamma de rojos i grocs és més intensa que la de blaus. Això explica la tonalitat groguenca de la llum emesa per aquestes bombetes.

cosa contribueix a augmentar l'eficiència energètica, allargar la vida de la bombeta i emetre una llum menys groga que la de les bombetes convencionals.

Quan observem la descomposició de la llum que emeten ens n'adonem de què no hi ha diferències apreciables respecte al de les bombetes incandescents convencionals, si bé una anàlisi més detallada permet detectar una menor intensitat del color groc de l'espectre. Tenim, de nou, un espectre continu.

Les bombetes de baix consum i els tubs fluorescents

Els tubs fluorescents s'han usat molt per il·luminar espais públics, biblioteques, sales de lectura, etc. En podem trobar amb longituds molt diferents, però tots ells es caracteritzen per ser cilíndrics i blancs. En l'interior contenen mercuri gasós, autèntic responsable de l'emissió de llum (i del poder contaminant d'aquests instruments que obliga al reciclatge). Si alguna vegada hem observat un d'aquests tubs quan s'ha trencat haurem pogut apreciar que una pols blanca recobreix tota la superfície interior, la qual també contribueix a l'emissió de llum, però a través d'un mecanisme de conversió.

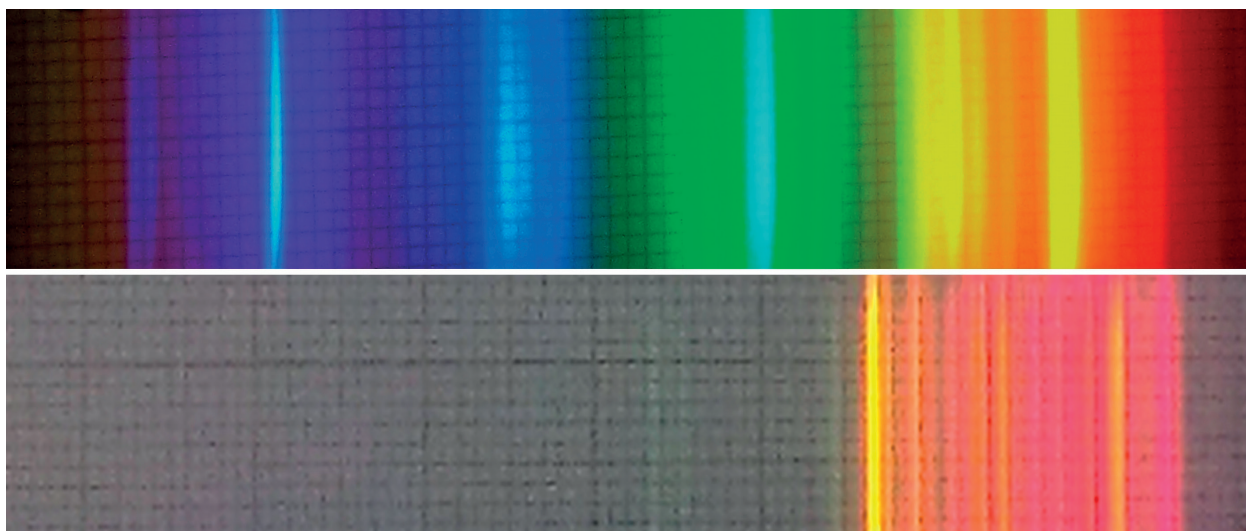
Quan connectem el tub, la diferència de potencial que s'estableix entre els extrems del tub produeix descàrregues elèctriques en l'interior, corrents d'electrons que travessen el tub d'un extrem a l'altre. Aquests electrons xoquen amb els àtoms de mercuri de l'interior del tub i els proporcionen l'energia suficient per produir canvis en l'estructura electrònica: alguns electrons del mercuri s'allunyen del nucli. Quan aquests electrons tornen a

posicions més pròximes al nucli emeten radiació, així és com es genera la llum. Aquest mecanisme no requereix que el gas s'escalfe, i això augmenta significativament l'eficiència de la bombeta.

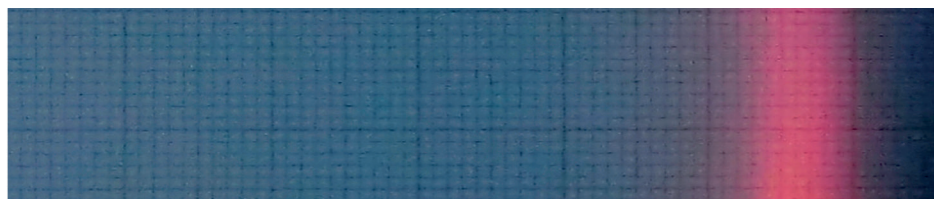
I quin és el paper de la substància blanca? Com hem dit, convertir part de la radiació que emet el mercuri en radiació de menor freqüència. La substància blanca és fosforescent, té la propietat d'absorbir radiació ultraviolada (i el mercuri n'emete) i posteriorment emetre llum visible. Amb això es contribueix tant a la seguretat del llum (ja que es bloqueja la radiació ultraviolada) com a augmentar la quantitat de llum visible que emet.

Les bombetes de baix consum tenen un funcionament similar, si bé el tub ja no té forma cilíndrica. També es basen en aquest funcionament els tubs de neó característics dels rètols publicitaris. Tant en uns com en les altres es pot canviar el gas que conté el tub, o afegir un altre gas al mercuri, amb la qual cosa s'aconsegueixen els colors propis dels tubs de neó o les tonalitats freda i càlida de les bombetes de baix consum.

Per al cas de les bombetes de baix consum que emeten llum blanca (freda), l'espectre ja no conté tots els colors, és un conjunt de 6 línies d'uns colors determinats. A aquest tipus d'empremta lluminosa l'anomenem espectre discret, i és característic de cada gas. De fet, la varietat de colors de l'espectre del mercuri proporciona la llum blanca dels tubs fluorescents i les bombetes de baix consum. Però en el cas dels tubs de neó els colors de les línies no són tan diversos, tot i haver més línies, i la llum que s'observa ja no és blanca. És així com seleccionant el gas que conté el tub podem obtenir llum de colors en lloc de llum blanca.



Colors que emet la bombeta de baix consum. S'hi aprecia que, tot i emetre llum blanca, no està present tot l'arc de Sant Martí. Tanmateix, la mescla dels colors presents és suficient per generar llum blanca. No ocorre així amb la llum emesa pel tub de neó



Led roig d'un televisor que indica que l'aparell està connectat. En l'espectre només s'observa una banda de llum roja, que es correspon amb una gamma de colors roigs indistingibles a la vista.



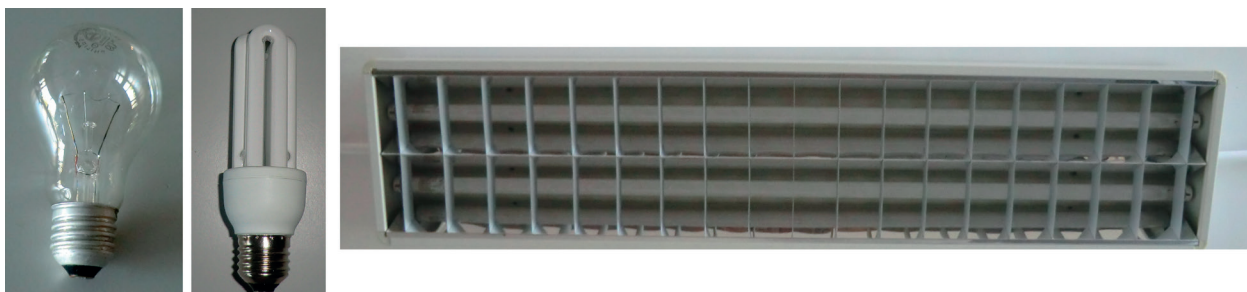
Els leds

Durant molts anys només els hem vist en televisors, aparells de ràdio i altres electrodomèstics per indicar-nos que estan connectats, en funcionament o en stand-by. De fet, són poques les aplicacions que se'ns poden acudir, més enllà del paper indicador, per a aquestes bombetes que només podien emetre llum roja o verda-grogosa i de molt baixa intensitat. Quan descomponem la llum emesa per un d'aquests leds observem un tros reduït de l'arc de Sant Martí, concretament el que coincideix amb el color de la llum emesa. En aquest cas no parlem d'un espectre de línies, sinó d'una banda de color.

El fet que els leds només pogueren emetre bandes roges o roges-grogues-verdes impossibilitava que es pogueren mesclar les llums per obtenir colors més enllà del verd-grogós que hem comentat. Però els treballs dels tres guardonats amb el Nobel d'enguany portarien aquests secundaris de la il·luminació a la primera línia. Amb la introducció de noves substàncies en la fabricació dels

leds van aconseguir que es produïren transicions electròniques més energètiques capaces d'originar bandes de llum blava, la qual cosa possibilitava noves mescles de llums, entre elles l'obtenció de llum blanca.

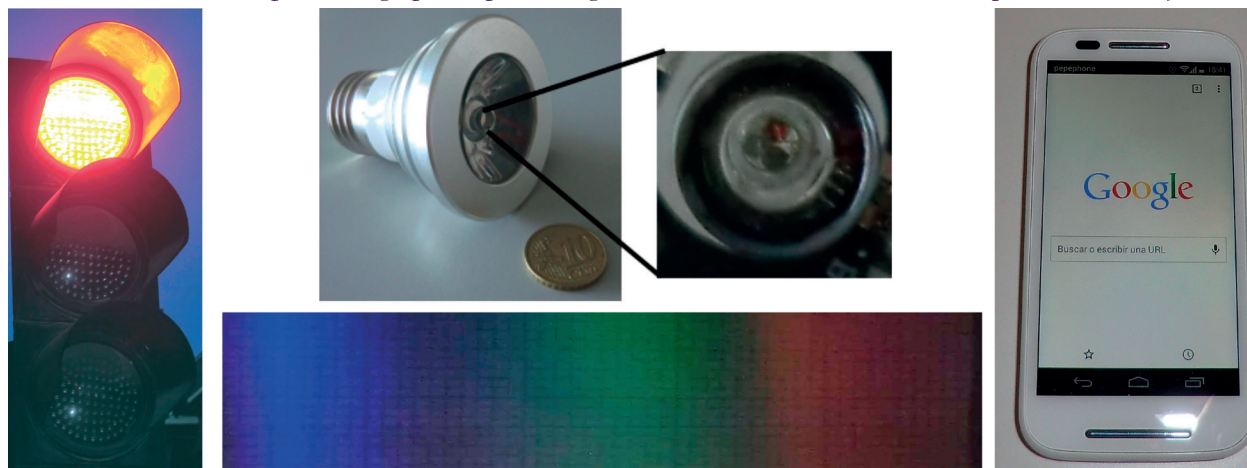
L'elevada eficiència energètica, la mida reduïda, l'adaptabilitat en el disseny i l'àmplia variabilitat de color han portat als leds a colonitzar tots els camps de la il·luminació: llums domèstics, llanternes de mà, pantalles de mòbils o televisió, fars de cotxes i altres vehicles, etc. A més, quan es munten leds que emeten llum de diferents colors sobre suports electrònics convenientment programats s'aconsegueix llum de qualsevol color. A tall d'exemple, podem observar que l'espectre d'una pantalla de mòbil, quan emet llum blanca, només conté tres bandes de colors (roig, verd i blau). És la combinació acurada d'aquests el que permet al fabricant vendre'ns els dispositius amb la promesa que aconseguirà una gamma de milions de colors. Res més lluny de la realitat!



Bombeta incandescent, bombeta de baix consum i tubs fluorescents per a il·luminació d'una aula en un institut de secundària.



Llanterna de mà que produeix llum blanca mitjançant nou leds. Un únic led produeix una intensitat lluminosa baixa, però les seues reduïdes dimensions permeten agrupar-los per aconseguir una intensitat suficient. A la dreta, espectre de la llum que emet.



Semàfor de leds, molt comú des de fa diversos anys, i bombeta led per a il·luminació domèstica. Els leds responsables de l'emissió de llum es troben en el centre de la bombeta, com s'observa en la imatge ampliada. Aquesta conté tres leds que són els tres que es veuen en el centre de l'ampliació.