

FICHA DE PROYECTO 2019

TÍTOL: Construcció i ús d'un espectroscopi calibrat per a smartphones

Centre: IES Ausiàs March - Gandia

Curs y Cicle (ESO/BAT/CFGM): 1' BAT

Categoria de concurs: X FÍSICA (demos. i experiments)

Nom del professor tutor 1: Savall Alemany, Francisco

Nom i cognoms dels participants (4 màxim)

Cuesta Máñez, Inés

Peiró Romero, Núria

Rocher Martínez, Pau

Tomás Gadea, Ainhoa

Resum breu del projecte i objectius

L'objectiu de la nostra investigació és construir un espectroscopi que permeta obtindre l'espectre de diverses fonts lluminoses i mesurar la longitud d'ona de les línies espectrals. Per fer-ho, hem aprofitat la interferència que produeix una xarxa de difracció.

Material i muntatge

Hem dissenyat un espectroscopi tan menut com ha sigut possible que es poguera acoblar a la càmera fotogràfica d'un smarphone (Figura 1). L'espectroscopi té 5 cm de llarg, 3 cm d'ample i 1 cm d'alt. En un extrem té un forat rectangular que fa d'ocular i que se situa just davant de la càmera fotogràfica del smarphone, al qual queda pegat per una cinta adhesiva de doble cara. En la cara oposada, i alineat amb el forat anterior, hem obert una esclatxa el més estreta possible. Aquesta esclatxa serà l'objectiu de l'espectroscopi, per on entrarà la llum. En l'ocular hem posat una xarxa de difracció procedent d'un CD. En la part interior de l'espectroscopi, a la dreta de l'esclatxa i imprés directament sobre l'espectroscopi, hem situat una escala que ens permetrà mesurar la longitud d'ona de les línies espectrals. En fer una fotografia amb el smartphone s'obté l'espectre que s'observa en la figura 1, part dreta. Com es pot observar, l'escala permet determinar la longitud d'ona de les línies espectrals.

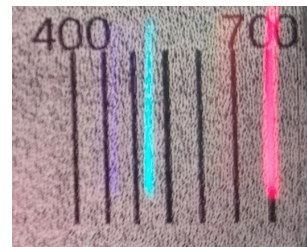
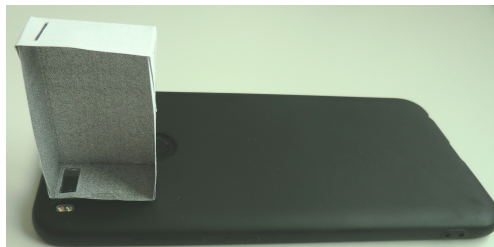
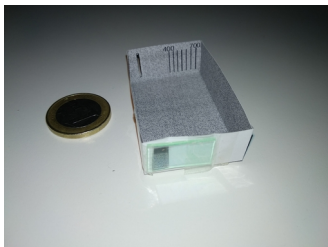


Figura 1: En la part esquerra es mostra una imatge de l'espectroscopi al costat d'una moneda d'1 euro. En el centre s'observa l'espectroscopi com queda adherit al smartphone. En la part dreta veiem l'espectre de l'hidrogen observat amb l'espectroscopi. Cada divisió correspon a una diferència de 50 nm.

Fonamentació : Principis físics involucrats i la seua relació amb aplicacions tecnològiques

Quan una ona lluminosa arriba a una xarxa de difracció cadascuna de les esclatxes de la xarxa es converteix en focus emissor de nous fronts d'ona. Sobre cada punt de la pantalla es produirà la superposició d'aquests front d'ona secundaris. Així, en aquells punts de la pantalla en què les ones arriben en fase es produirà una interferència constructiva i es detectarà un màxim d'intensitat. Si fem passar un làser (llum monocromàtica) per la xarxa de difracció observem que sobre la pantalla es formen una sèrie de punts lluminosos allà on la interferència és constructiva. Si canviem el color de làser els punts lluminosos es situen en posicions diferents, i això perquè la longitud d'ona és diferent (veure secció de resultats). Anàlitzem tot seguit la relació entre la longitud d'ona i la posició del màxim.

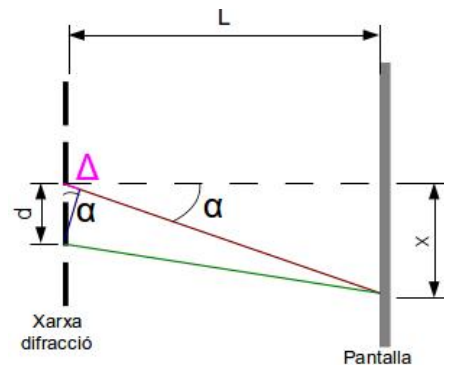


Figura 2: Diferència de camins per a dues ones que arriben a un punt x de la pantalla procedents de dues esclatxes consecutives.

Considerem les ones que arriben a un punt x de la pantalla (situada a una distància L de la xarxa de difracció) des de dos esclatxes consecutives de la xarxa de difracció. La diferència de camí de les ones que arriben a x (figura 2) es correspon amb la longitud del segment Δ. Podem, per tant, escriure les relacions $\sin \alpha = \frac{\Delta}{d}$ i $\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}}$. Igualant les dues expressions

arribem a $\frac{\Delta}{d} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}}$, que relaciona la diferència de camins amb la posició x de la pantalla.

La interferència serà constructiva allà on la diferència de camins siga un múltiple de la longitud d'ona, $\Delta = n\lambda$. En el nostre cas anem a treballar només amb $n=1$ (no prendrem en consideració els màxims que s'observen a desviacions majors), per tant les posicions dels màxims seran :

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{x_{max}}{\sqrt{x_{max}^2 + L^2}} \rightarrow x_{max} = \frac{\lambda L}{\sqrt{d^2 - \lambda^2}} \quad (*)$$

Si usem una font lluminosa no monocromàtica, aquesta expressió ens permet calcular la posició en què s'observaran els màxims d'interferència per a cadascuna de les longituds d'ona que integren la radiació, és a dir, per a cada línia espectral.

Funcionament i Resultats: observacions i mesures.

Usant l'equació (*) podem construir una escala que per mesurar directament la longitud d'ona de la radiació. Per fer-ho, marquem sobre el paper mil·limetrat les posicions x en què s'observaran els màxims d'intensitat per a unes determinades longituds d'ona. La taula 1 mostra la relació entre posicions x i longituds d'ona calculades a través de l'equació (*):

λ (nm)	x (cm)	λ (nm)	x (cm)	λ (nm)	x (cm)	λ (nm)	x (cm)
400	1,08	500	1,37	600	1,69	700	2,04
450	1,22	550	1,53	650	1,86		

Taula 1: Posició en què s'observa cada línia espectral.

Quan usem l'espectroscopi per mesurar les longituds d'ona dels espectres de l'hidrogen i de l'heli observem les imatges que es reproduïxen en la figura 1 i en la figura 3. D'acord amb la informació tabulada que es pot trobar en diversos llibres o webs, les longituds d'ona de les línies espectrals d'aquests dos gasos són les que es detallen en la taula 2. En aquesta mateixa taula afegim la longitud d'ona de les línies espectrals mesurades amb el nostre espectroscopi. Podem observar que entre el valor mesurat i el tabulat hi ha un grau d'acord acceptable donada la senzillesa de l'instrument construït.

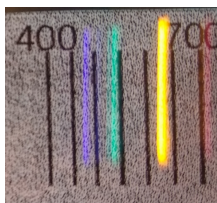


Figura 3: Espectres de l'heli observat amb l'espectroscopi.

H _{tabulats} (nm)	656	486	434	
H _{mesurats} (nm)	700	525	475	
He _{tabulats} (nm)	667	587	501	447
He _{mesurats} (nm)	>700	625	525	475

Taula 2: Línies espectrals de l'hidrogen i de l'heli, valors tabulats i valors mesurats amb l'espectroscopi. Quan una línia s'observa entre dues divisions de l'espectroscopi s'ha decidit posar el valor central.

Conclusions

Aprofitant el fenomen de difracció i materials comuns hem aconseguit construir un espectroscopi que permet fer mesures quantitatives. Amb tubs espectrals d'hidrogen i heli hem comprovat que l'instrument que hem construït permet fer mesures quantitatives però que tenen un marge d'error d'aproximadament 50 nm. A hores d'ara treballem en detectar la font d'aquest error per resoldre'l, així com en un nou disseny que incorpore una escala amb major sensibilitat, que esperem presentar en la fira.

Aquest instrument ens permet analitzar la llum emesa per qualsevol font i això pot ser útil per conèixer la composició química de la font (estels, flames, tubs de neó d'anuncis publicitaris, focs artificials, etc), explicar el funcionament d'aparells tecnològics com les pantalles de televisió o de telèfons mòbils (que "barregen" només tres colors per obtenir una paleta de milions de colors) o preveure si una determinada font lluminosa produirà o no fluorescència o fosforescència en un determinat material (fenomen que requereix que la font supere una freqüència llindar), tots ells fenòmens que pretenem explicar durant la fira.

Bibliografia

Heredia, S. (2009) Como construir un espectroscopio casero con un CD, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 6, 491.
Savall, F., Domènech J. L. i Martínez Torregrosa, J. (2014) El espectroscopio cuantitativo como instrumento para la construcción y uso de modelos de emisión y absorción de radiación en física cuántica, Revista Brasileira de Ensino de Física, 36, 4302.