

# Max Planck a l'aula

Pérez, S.; Navarro, L.; Varas, L.; Essalhi, F.; Morgadas, D.; Pustai, P.  
Institut de l'Arboç (L'Arboç, Tarragona)

## Introducció

Aquest projecte d'aula consisteix en realitzar una pràctica dins del camp de la física moderna amb els alumnes de Batxillerat.

L'objectiu d'aquesta experiència és determinar la constant de Planck ( $h$ ) utilitzant díodes emissors de llum (Leds).

L'energia ( $E$ ) d'un fotó i la seva freqüència ( $f$ ) es relacionen mitjançant l'equació:  $E = h f$

Per tant, s'han de conèixer la freqüència dels fotons emesos pel LED i l'energia amb la que emet aquest.

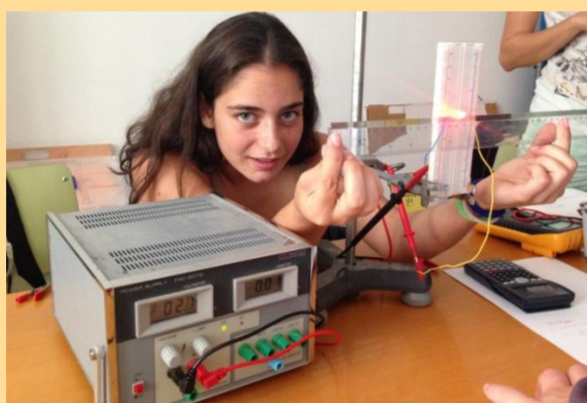
## Materials i mètodes

En aquest treball s'han utilitzat 4 leds en la regió de l'espectre visible (vermell, taronja, verd i blau).

### I) Determinació de la freqüència

En primer lloc s'ha de determinar la longitud d'ona ( $\lambda$ ) d'emissió del led utilitzant una xarxa de difracció (600 línies/mm) enganxada a una webcam (figura 1).

Figura 1. Muntatge emprat per determinar la  $\lambda$ .



En la pantalla de l'ordinador apareix la imatge de difracció (figura 2). Col·locant un regle al davant, tocant la sortida del led, es fan coincidir els dits amb els dos màxims de difracció de primer ordre fotografiats.



Figura 2. Imatge de difracció del led vermell captada per la webcam.

Amb una cinta mètrica es mesura la distància entre el led i la xarxa de difracció. Obtingudes aquestes dues mesures, es podrà calcular la tangent de l'angle que ha format el raig de llum en difractar-se i, a continuació, el sinus del mateix.

Finalment només caldrà aplicar la fórmula de difracció per calcular la longitud d'ona del led.

$$d \cdot \sin \alpha = \lambda \quad (d = 1667 \text{ nm})$$

La freqüència s'obté utilitzant l'expressió  $f = c/\lambda$ .

### II) Determinació de l'energia

És necessari conèixer com varia la corrent que hi circula pel led a variar el voltatge. Per determinar aquestes dues magnituds es va realitzar el muntatge representat en la figura 3.

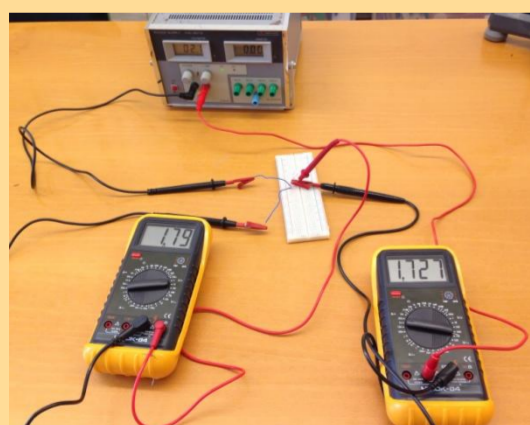


Figura 3. El dispositiu que es va fer per mesurar intensitat i voltatge. L'amperímetre es connecta en sèrie al led i el voltímetre en paral·lel.

A partir de l'anàlisi de les corbes intensitat – voltatge aplicat, es determina el voltatge llindar ( $V_0$ ), és a dir, aquell a partir del qual la corrent comença a ser no nul·la. Aleshores l'energia ( $E$ ) es pot calcular a partir de l'expressió:

$$E = q V_0 \quad (\text{on } q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

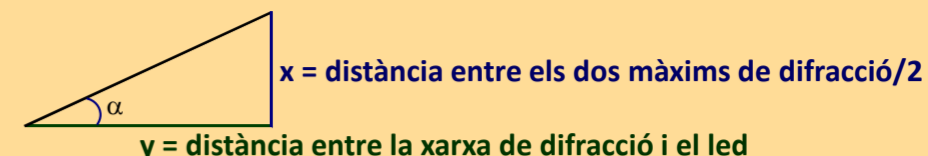
on es considera que l'energia dels fotons prové de l'energia dels electrons i l'energia d'aquests depèn del voltatge.

### III) Determinació de la constant de Planck

La representació gràfica energia – freqüència és una línia recta la pendent de la qual correspon a la constant de Planck ( $h$ ).

## Resultats

### I) Determinació de la freqüència

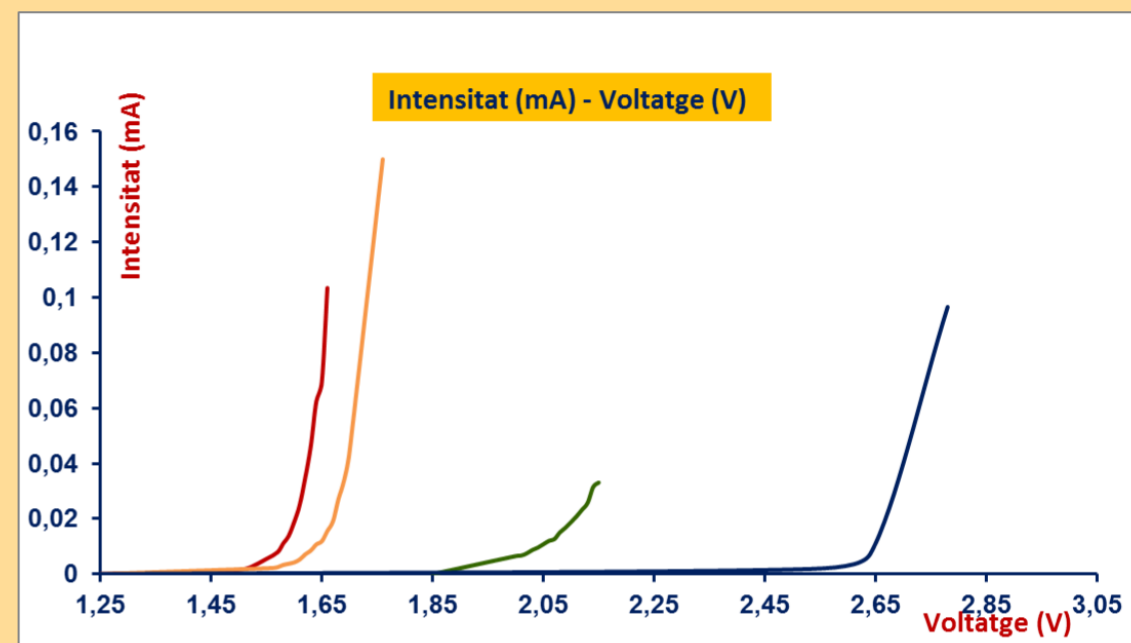


Taula 1. Freqüències d'emissió dels leds obtingudes experimentalment.

LED	$\alpha$	$\lambda_{\text{exp}} \text{ (nm)} = 1667 \text{ nm} \cdot \sin \alpha$	$\lambda_{\text{teòrica}} \text{ (nm)}$ Segons el fabricant	$f \text{ (en Hz)} = 3 \cdot 10^8 / \lambda_{\text{exp}} \text{ (en m)}$
Vermell	21,83°	620 nm	620 – 630 nm	4,84 · 10 <sup>14</sup> Hz
Taronja	21,17°	602 nm	600 – 610 nm	4,98 · 10 <sup>14</sup> Hz
Verd	17,99°	515 nm	515 – 525 nm	5,83 · 10 <sup>14</sup> Hz
Blau	16,56°	475 nm	465 – 475 nm	6,32 · 10 <sup>14</sup> Hz

### II) Determinació de l'energia

Figura 4. Gràfic Intensitat (mA) – Voltatge (V) per cadascun dels leds. El color de la corba correspon al led utilitzat.



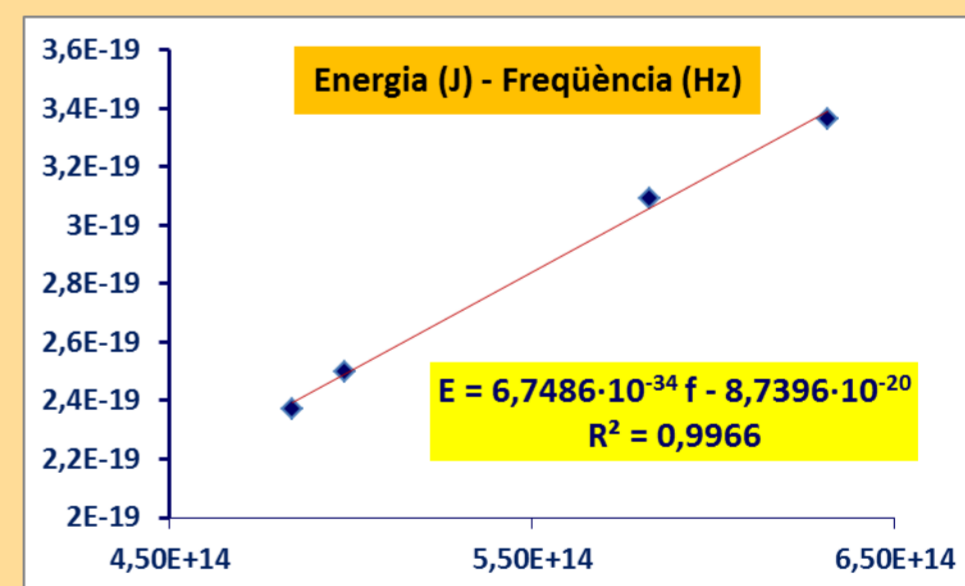
Mirant el gràfic de la figura 4 es pot trobar el valor del voltatge llindar ( $V_0$ ) a partir del qual comença a circular corrent pel led. També es pot obtenir el valor de  $V_0$  per cada led ajustant amb una recta la última part del gràfic, en la qual la intensitat augmenta linealment amb el voltatge. La intersecció d'aquesta recta amb l'eix x es pren com el valor  $V_0$ . Els valors obtinguts de l'energia es mostren en la taula següent (taula 2).

Taula 2. Energies obtingudes per cada led emprat.

LED	$V_0$ (en V)	$E$ (en J) = $1,602 \cdot 10^{-19} \cdot V_0$
Vermell	1,48	2,37 · 10 <sup>-19</sup> J
Taronja	1,56	2,50 · 10 <sup>-19</sup> J
Verd	1,93	3,09 · 10 <sup>-19</sup> J
Blau	2,10	3,36 · 10 <sup>-19</sup> J

### III) Determinació de la constant de Planck

Figura 5. Gràfic Energia (J) – Freqüència (Hz). La constant de Planck correspon a la pendent de la recta.



El valor obtingut de la constant de Planck ( $h$ ) és  $h = 6,75 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

## Conclusions

Aquest projecte d'aula tenia per objectiu determinar la constant de Planck utilitzant 4 leds dins de la regió visible. La primera part de l'experiència consistia en determinar la longitud d'ona dels fotons emesos pels diferents leds. Els valors obtinguts són similars als indicats pel fabricant.

La segona part de l'activitat es basava en obtenir l'energia del díode emissor de llum, la qual es va determinar buscant el potencial llindar, és a dir, el voltatge a partir del qual la intensitat ja no comença a ser nul·la.

El valor obtingut de la constant de Planck  $h = 6,75 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  és similar al valor teòric  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ . Per tant, es pot concloure que s'ha trobat el valor de la constant de Planck amb un error del 2%.

## Bibliografia

C. Artuso i A. Satz, *Determinación de la constante de Planck utilitzando leds*, Laboratorio 5, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires-2001. [www.fisicarecreativa.com](http://www.fisicarecreativa.com)

## Agraïments

Volem agrair al professor Lluís Nadal i Balandras (INS Lluís de Requesens, Molins de Reis, Barcelona) la seva ajuda en la realització d'aquest treball.