

Determinació de la constant de Planck a partir de l'electroluminiscència d'un led



Data: 11 i 18 d'octubre 2005

Alumnes: 2n de batxillerat

Grup 1: Alberto Fajardo, Sergi Márquez, Albert Rodríguez, F.Xavier Serrano

Grup 2: Cinta Garcia, Daniel Llamas, Clara Márquez, Mirian Pavón, Ariadna Ramos, Laura Rosa

Professora: Marta Madrueño Sicart

Centre: IES Jaime Salvador i Pedrol (Sant Joan Despí)

Objectius:

- Estimació de la banda prohibida de cada led.
- Determinació de la longitud d'ona de cada led
- Determinació de la constant de Planck a partir de l'electroluminiscència d'un led vermell i un de verd.

Material:

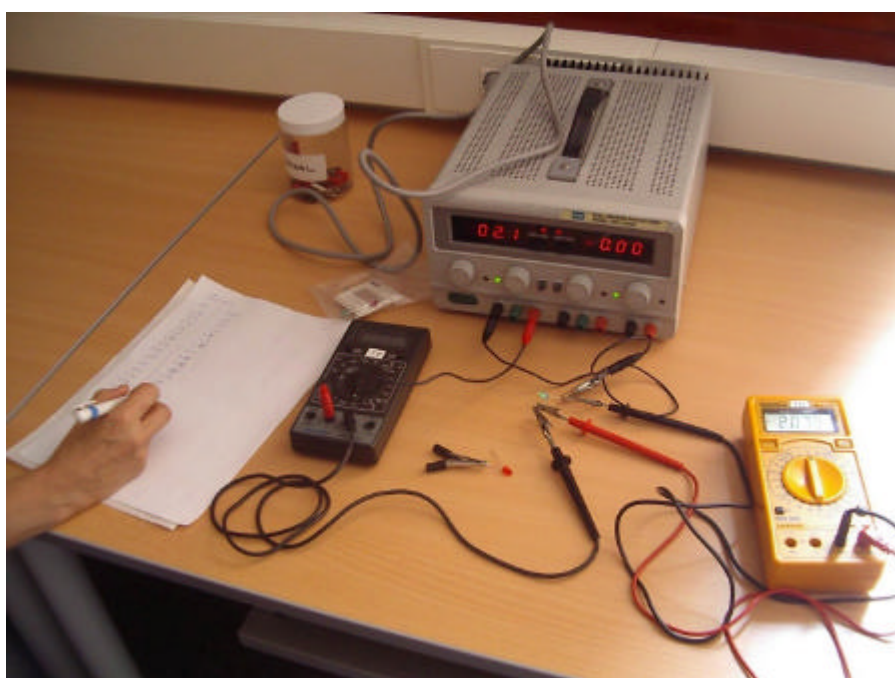
Leds vermell i verd, xarxa de difracció de 1000 línies/mm, font de corrent continu variable, dos polímetres, cables de connexió, cinta mètrica.

Procediment

Estimació de la banda prohibida de cada led

El muntatge de la fotografia ens ha permet prendre les dades de tensió i intensitat i dibuixar la corba característica dels leds. Aquesta s'ha traçat amb Excel per obtenir la seva equació i determinar les constants A i B.

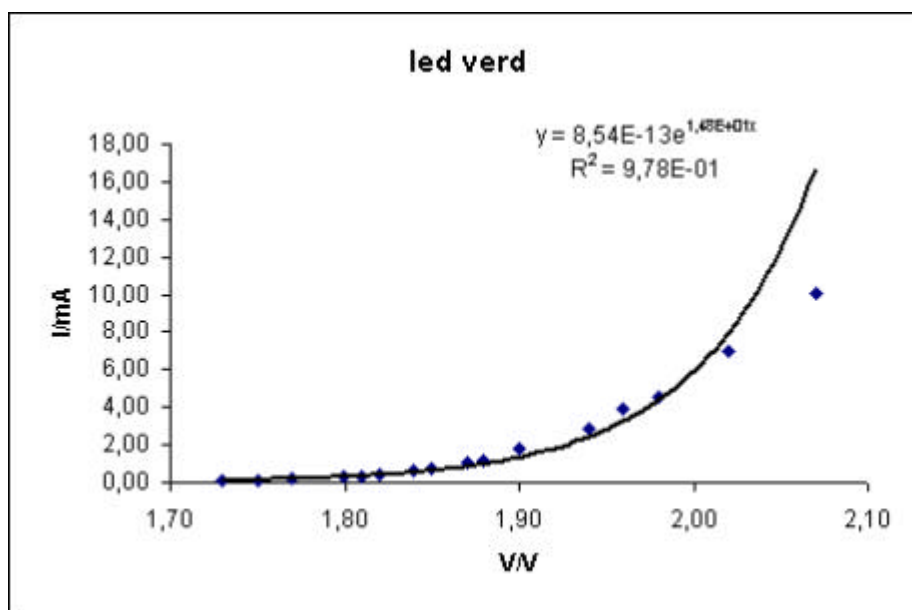
Aquesta part de l'experiment s'ha realitzat una sola vegada.



LED VERD

led verd

V/V	I/mA
1,73	0,08
1,77	0,18
1,75	0,11
1,8	0,29
1,81	0,36
1,82	0,45
1,84	0,66
1,85	0,7
1,87	1,09
1,88	1,2
1,9	1,76
1,94	2,82
1,96	3,95
1,98	4,52
2,02	7,02
2,07	10,04



$$I = Ae^{BV}$$

$$A = 8,54 \cdot 10^{-13} \text{ mA}$$

$$B = 14,8 \text{ V}^{-1}$$

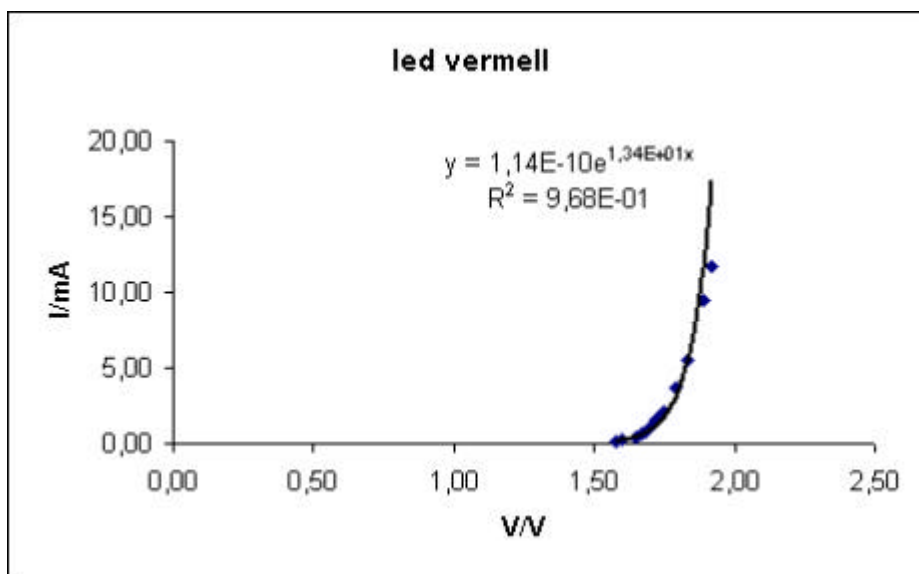
$$\ln I = BV + \ln A \rightarrow V = \frac{\ln I - \ln A}{B} = \frac{\ln \frac{I}{A}}{B} = \frac{\ln \frac{200 \text{ mA}}{8,54 \cdot 10^{-13} \text{ mA}}}{14,8 \text{ V}^{-1}} = 2,24 \text{ V}$$

$$E = qV = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2,24 \text{ V} = 3,59 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

LED VERMELL

Led vermell

V/V	I/mA
1,58	0,11
1,6	0,2
1,65	0,44
1,67	0,6
1,68	0,73
1,69	0,92
1,7	1,07
1,72	1,54
1,73	1,84
1,75	2,15
1,79	3,68
1,83	5,52
1,89	9,41
1,92	11,74



$$I = Ae^{BV}$$

$$A = 1,14 \cdot 10^{-10} \text{ mA}$$

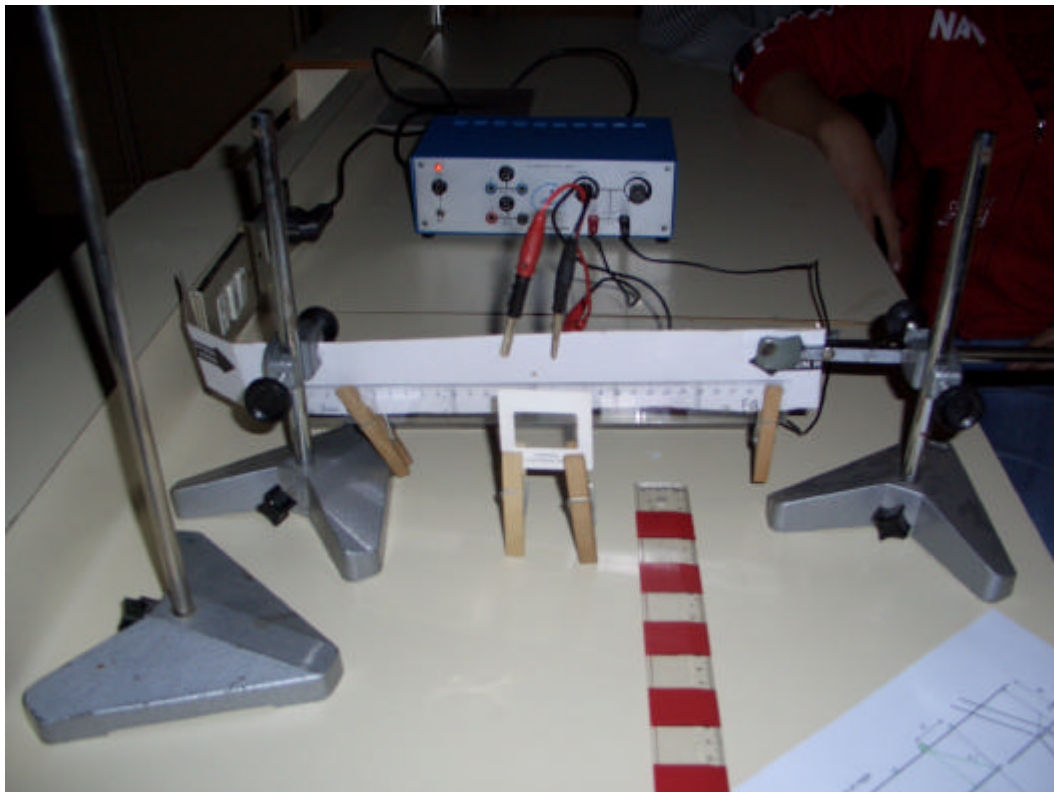
$$B = 13,4 \text{ V}^{-1}$$

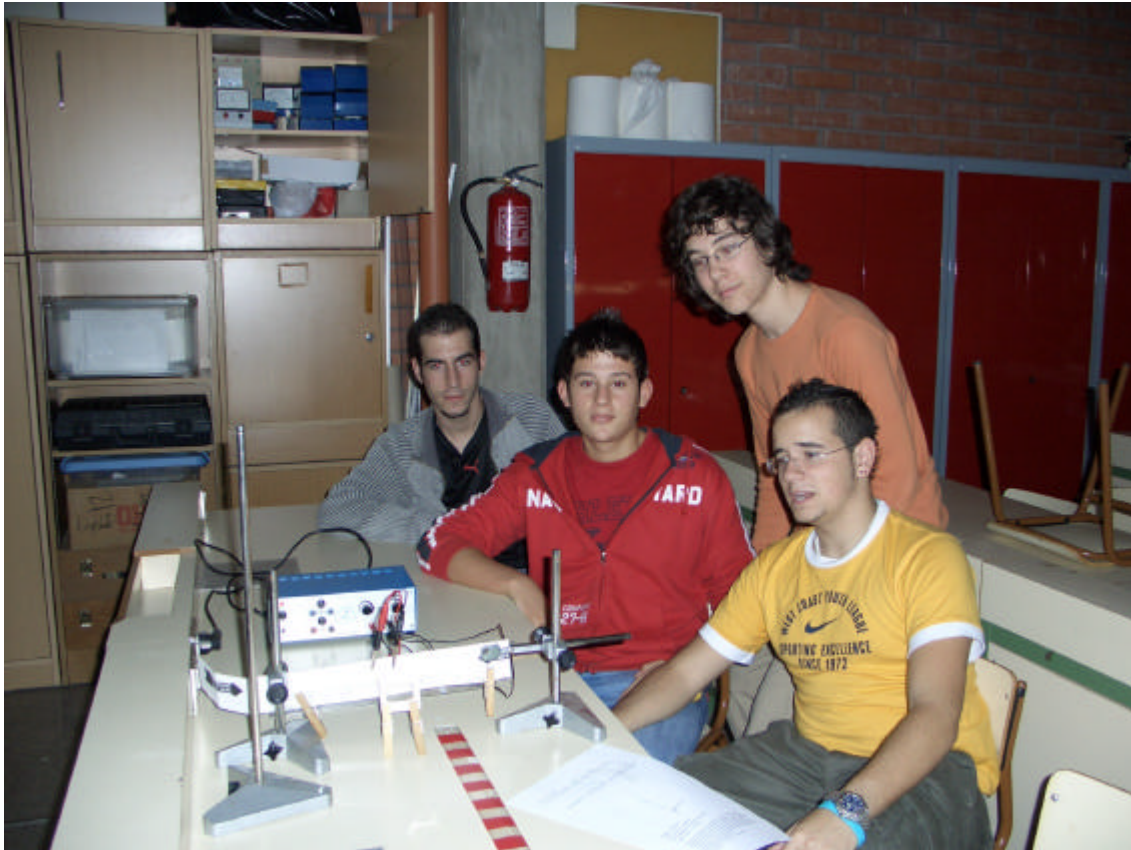
$$\ln I = BV + \ln A \rightarrow V = \frac{\ln I - \ln A}{B} = \frac{\ln \frac{I}{A}}{B} = \frac{\ln \frac{200}{1,14 \cdot 10^{-10}}}{13,4} = 2,10 \text{ V}$$

$$E = qV = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2,10 \text{ V} = 3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Determinació de la longitud d'ona emesa per cada led

A les fotografies es pot veure el muntatge realitzat per observar la difracció del led. S'han seguit les orientacions donades en la web de l'Associació de Professors de Física i Química http://www.fisicaquimica.org/amfbatxillerat_e.htm per fer l'observació més visible.

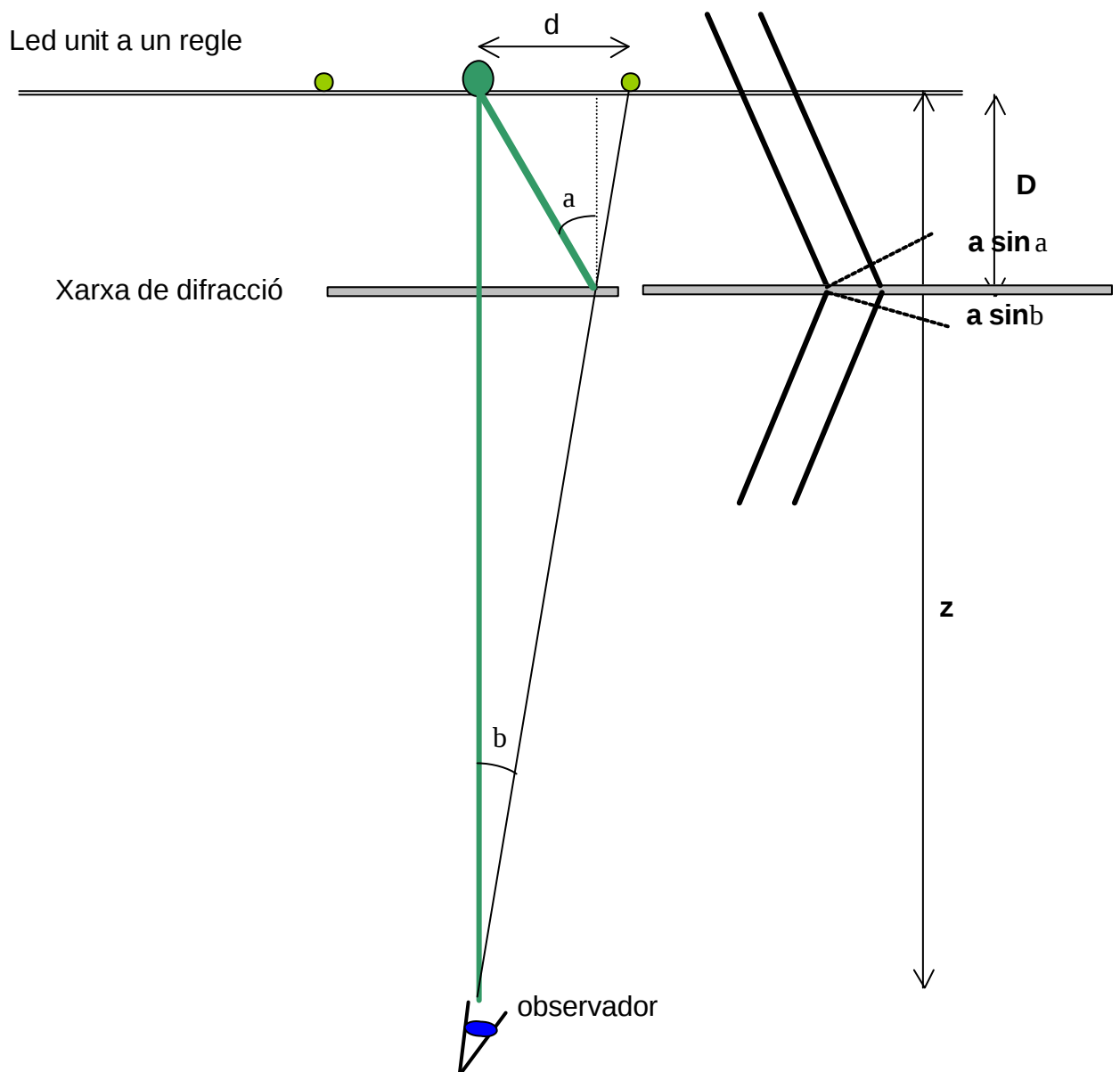






Fotografia de la difracció observada en el led vermell

Tot seguit s'ha fet l'esquema de les trajectòries de la llum i es justifica el càlcul que s'ha de fer.



$$d = z \cdot \tan \beta \rightarrow \text{es troba } b$$

$$d = D(\tan a + \tan b) \rightarrow \text{es troba } a$$

a es la separació entre línies de la xarxa

$$l = a(\sin a + \sin b) \rightarrow \text{es troba } l$$

Una xarxa de difracció està formada per un nombre molt gran de ranures separades regularment una distància a , que equivalen a un gran nombre de fonts de llum que emeten en fase. Si considerem una direcció determinada (on la diferència de camins de la llum emesa per dues ranures adjacents és $a \sin \alpha + a \sin \beta$ ja que en el nostre cas veiem la interferència directament). Hi ha interferències constructives en aquelles direccions on la diferència de camins és múltiple de la longitud d'ona:

$$a \sin \alpha + a \sin \beta = n \lambda$$

i per la $n=1$

$$a \sin \alpha + a \sin \beta = \lambda$$

Càlcul de la longitud d'ona del led verd (grup 1)

longitud d'ona del led verd (grup 1)

$$d = 4,0 \text{ cm}$$

$$D = 7,0 \text{ cm}$$

$$z = 50,0 \text{ cm}$$

$$\tan b = \frac{4,0}{50,0} = 0,0800 \rightarrow b = 4,57^\circ$$

$$\frac{4,0}{7,0} = \tan a + 0,08 \rightarrow \tan a = 0,4914 \rightarrow a = 26,16^\circ$$

$$l = 10^{-6} \text{ m} (\sin 4,57^\circ + \sin 26,16^\circ) = 0,5207 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 521 \text{ nm}$$

Càlcul de la longitud d'ona del led verd (grup 2)

longitud d'ona del led verd (grup 2)

$$d = 3,4 \text{ cm}$$

$$D = 6,0 \text{ cm}$$

$$z = 28,5 \text{ cm}$$

$$\tan b = \frac{3,4}{28,5} = 0,1193 \rightarrow b = 6,81^\circ$$

$$\frac{3,4}{6,0} = \tan a + 0,1193 \rightarrow \tan a = 0,4474 \rightarrow a = 24,10^\circ$$

$$l = 10^{-6} \text{ m} (\sin 6,81^\circ + \sin 24,10^\circ) = 0,5269 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 527 \text{ nm}$$

Càlcul de la longitud d'ona del led vermell (grup 1)

longitud d'ona del led vermell (grup 1)

$$d = 5,0\text{cm}$$

$$D = 7,0\text{cm}$$

$$z = 50,0\text{cm}$$

$$\operatorname{tg} b = \frac{5,0}{50} = 0,10 \rightarrow b = \operatorname{arctg} 0,10 = 5,71^\circ$$

$$\frac{5,0}{7,0} = \operatorname{tg} a + 0,10 \rightarrow a = 31,56^\circ$$

$$l = 10^{-6}(\sin 5,71^\circ + \sin 31,56^\circ) = 0,623 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 623 \text{ nm}$$

Càlcul de la longitud d'ona del led vermell (grup 2)

longitud d'ona del led vermell (grup 2)

$$d = 4,0\text{cm}$$

$$D = 6,0\text{cm}$$

$$z = 57,0\text{cm}$$

$$\operatorname{tg} b = \frac{4,0}{57,0} = 0,07018 \rightarrow b = \operatorname{arctg} 0,07018 = 4,01^\circ$$

$$\frac{4,0}{6,0} = \operatorname{tg} a + 0,07018 \rightarrow a = 30,82^\circ$$

$$l = 10^{-6}(\sin 4,01^\circ + \sin 30,82^\circ) = 0,5823 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 582 \text{ nm}$$

Determinació de la constant de Planck

Amb les dades obtingudes pel led verd (grup 1)

$$E = h\nu = h \frac{c}{l} \rightarrow h = \frac{E \cdot l}{c} = \frac{3,59 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 5,21 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,23 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Amb les dades obtingudes pel led verd (grup 2)

$$E = h\nu = h \frac{c}{l} \rightarrow h = \frac{E \cdot l}{c} = \frac{3,59 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 5,27 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,31 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Amb les dades obtingudes pel led vermell (grup 1)

$$E = h\nu = h \frac{c}{l} \rightarrow h = \frac{E \cdot l}{c} = \frac{3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,23 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,98 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Amb les dades obtingudes pel led vermell (grup 2)

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \rightarrow h = \frac{E \cdot \lambda}{c} = \frac{3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 5,82 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,52 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

El valor mitjà estimat per la constant de Planck és:

$$\boxed{h = 6,51 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}$$

Tenint en compte que el valor teòric de la constant de Planck és $h = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ hem comès un error relatiu del 2%, per la qual cosa estem molt satisfets dels resultats.

D'altra banda agraïm l'interès de l'Associació de Professors de Física i Química i el CEDCT en proposar tasques com aquesta i així poder fer un petit homenatge a la Física en el seu any commemoratiu.

Sant Joan Despí, octubre 2005