

## L'ESPECTRE D'HIDROGEN I LA CONSTANT DE PLANCK

Niels Bohr va proposar en 1913 una teoria per a l'àtom d'hidrogen que tenia en compte les propostes quàntiques de Planck i Einstein i que portaven a establir la longitud d'ona de les radiacions de llum emeses per l'àtom d'hidrogen segons l'equació:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 k m e^4}{h^3 c} \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

que era formalment idèntica a la de Rydberg:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

obtinguda experimentalment a partir de les ratlles espectrals de l'hidrogen. En aquest treball es proposa comprovar la validesa de les equacions de Rydberg i Bohr i, a partir del valor d'R obtingut experimentalment, trobar el valor de la constant de Planck.

### Procediment

En aquest treball s'ha d'utilitzar un espectroscopi que sigui capaç de mesurar el nanòmetre (també serveix si l'escala mesura els 10 nm, ja que es pot intercalar als 5 nm com a mínim i la imprecisió no sobrepassaria el 5%. L'espectroscopi MT03254 de cartró amb escala graduada no serveix).

Podem veure's fàcilment tres de les ratlles brillants de l'hidrogen. Enfosquant l'habitació i esperant fins que els ulls s'hagin acostumat a la foscor, podrà veure's també una quarta línia de l'hidrogen en el violeta llunyà. Algunes persones poden tenir certa dificultat fisiològica per veure la línia violeta més fosca.

### Material

Espectroscopi  
Tub espectral d'hidrogen  
Tub espectral de mercuri  
Equip de font d'alimentació d'alta tensió.

A la taula següent heu d'indicar les dades obtingudes amb l'espectroscopi. L'error en la longitud d'ona  $\lambda$  no hauria de ser superior a l'1 per cent. S'inclouen longituds d'ona d'un manual per a comparació. En concret, la línia verda del mercuri es pot utilitzar per a calibrar l'espectroscopi (si es disposa de làmpada de sodi es pot calibrar amb la línia groga).

Element	Color	$\lambda$ (en nm) (mesures amb l'espectroscopi)	$\lambda$ (en nm) (dades d'un manual)
Mercuri	Verd	546	546
Hidrogen	1. Violeta fosc		410
	2. Violeta		434
	3. Blau-verd		486
	4. Roig		656

La taula donada a continuació mostra tant les raons calculades dels inversos de la longitud d'ona com les obtingudes a partir de las longituds mesurades amb l'espectroscopi. Les raons o quocients calculats es van obtenir a partir de

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i'^2}$$

$n_i$	$n_i'$	$n_f$	Raó calculada $\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}$ $\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i'^2}$	Raó mesures $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ $\frac{1}{\lambda_2}$
2	3	1	0,8438	
2	4	1	0,8000	
2	5	1	0,7813	
3	4	2	0,7407	
3	5	2	0,6614	
3	6	2	0,6250	
4	5	3	0,6836	
4	6	3	0,5833	
4	7	3	0,5359	

La constant de Planck es pot determinar a partir de la relació:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 k m e^4}{h^3 c} \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

Utilitzant cada valor de la longitud d'ona mesurada junt amb els valors apropiats de  $n_i$  i  $n_f$  heu d'obtenir un valor mitjà per a  $h$  que no s'ha d'allunyar massa de  $6,625 \times 10^{-34}$  joule/seg.

Si l'error introduït a partir de la mesura de  $\lambda$  és petit (per exemple, al voltant de l'1 per cent), com  $h$  és proporcional a  $\lambda^{1/3}$ , l'error en la determinació de  $h$  en aquest experiment serà encara menor.

Algunes constants físiques

Càrrega de l'electró:  $e = 1,602 \times 10^{-19}$  C

Massa en repòs de l'electró:  $m_e = 9,108 \times 10^{-31}$  kg

Constant dielèctrica al buit:  $k = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>

Permitivitat al buit:  $\epsilon_0 = 1/4\pi k = 8,854 \times 10^{-12}$  C<sup>2</sup>/Nm<sup>2</sup>

Velocitat de la llum al buit:  $c = 3 \times 10^8$  m/s

## Dades pel professorat

$n_i$	$n'_i$	$n_f$	Raó calculada $\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}$ $\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i'^2}$	Raó mesures $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$
2	3	1	0,8438	
2	4	1	0,8000	
2	5	1	0,7813	
3	4	2	0,7407	486/656 = 0,7408
3	5	2	0,6614	434/656 = 0,6616
3	6	2	0,6250	410/656 = 0,6250
4	5	3	0,6836	
4	6	3	0,5833	
4	7	3	0,5359	

Element químic	símbol	Longitud d'ona d'algunes línies espectrals (en nm)	nanòmetres (nm)			
			400	500	600	700
Cadmi	Cd	509				
Cadmi	Cd	644				
Cesi	Cs	456/459				
Heli	He	588				
Heli	He	668				
Heli	He	707				
Hidrogen	H	410				
Hidrogen	H	434				
Hidrogen	H	486				
Hidrogen	H	656				
Mercuri	Hg	440/407				
Mercuri	Hg	435/436				
Mercuri	Hg	546				
Mercuri	Hg	577/579				
Neó	Ne	638...668				
Sodi	Na	589				
Tal·li	Tl	535				
Zinc	Zn	468/472/481				
Zinc	Zn	636				