

# **A hidrogén és az alkáli atomok optikai színeképének vizsgálata**

A mérést végezte:      Bozsoki Péter  
                                 Hága Péter

A mérés dátuma:        1999. November 10.  
                                 Délelőtti csoport

### **A mérés célja**

A hidrogén és néhány alkáli fém spektrumának segítségével a Rydberg állandót, a Planck állandót, és a finomszerkezeti állandót határoztuk meg. Megismerkedtünk a legfontosabb spektroszkópiai módszerekkel.

### **A felhasznált eszközök**

TB-2 típusú spektroszkóp.

H, Hg, Cd, Na, K, Rb spektrállámpák.

Színképtáblázatok, termdiagramok.

### **Elméleti alapok**

A mérés elméleti háttere a jegyzetben, és annak függelékében világosan, érthetően részletezve van, így erre itt nem térünk ki. A jegyzet ismétlése felesleges volna.

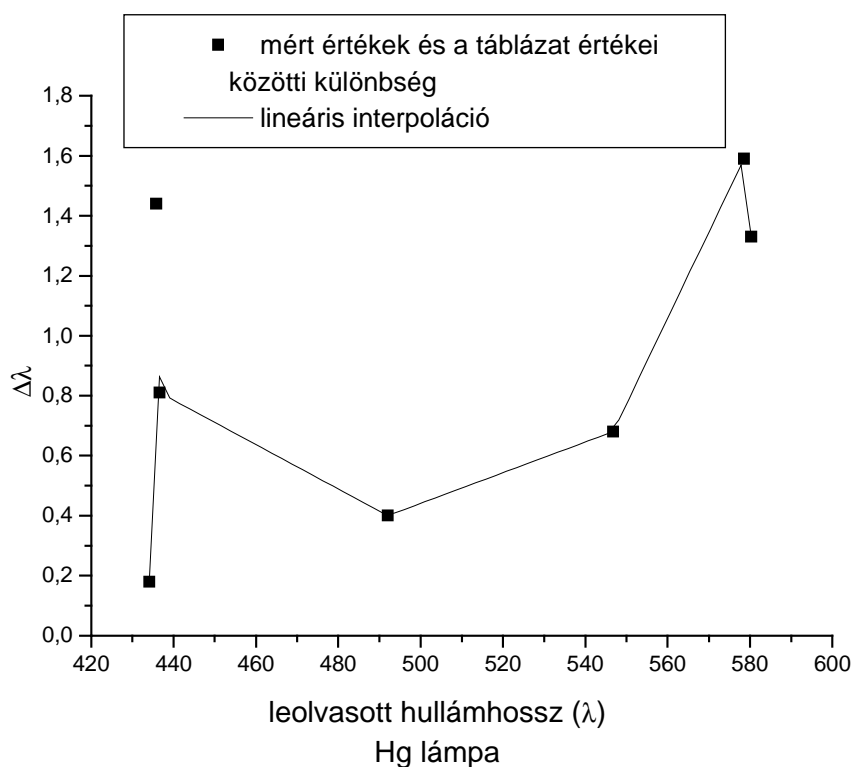
### **A műszer kalibrálása**

A kalibrálást a Hg, és a Cd lámpa segítségével végeztük el. A színképvonalakat kétszer mértük meg, és ezek átlagát vettük. A valódi hullámhossz meghatározása a jegyzetben található táblázat alapján történt. Ebből számítottuk ki a korrekciós tagot. A mért, az átlagolt, és a számolt értékeket az 1. és 2. táblázat tartalmazza. Ezután a leolvasott hullámhossz függvényében ábrázoltuk a  $\Delta\lambda$  hullámhosszat (1.ábra). A kapott pontokra lineáris interpolációt alkalmaztunk, és a későbbiekben ezen illesztés alapján végeztük el a korrekciót minden mérésnél.

A jegyzőkönyvben található táblázatokban szereplő adatok között a hullámhosszúságok mindenütt nanométer egységekben vannak.

Hg lámpa				
$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	$\Delta\lambda$
579,80	580,80	580,30	578,97	1,33
578,10	579,00	578,55	576,96	1,59
546,60	546,90	546,75	546,07	0,68
492,50	491,50	492,00	491,60	0,40
436,50	436,80	436,65	435,84	0,81
435,70	435,90	435,80	434,36	1,44
434,40	433,80	434,10	433,92	0,18

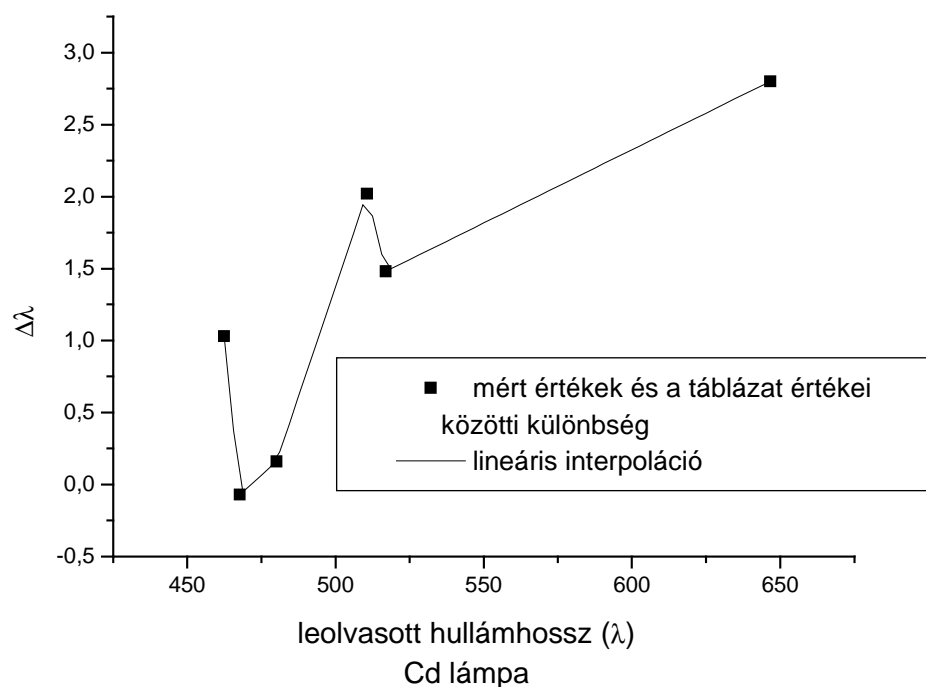
1.táblázat: Hg lámpa spektruma a kalibrációhoz



1.ábra: Hg lámpa korrekciós illesztése

Cd lámpa				
$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	$\Delta\lambda$
646,40	646,90	646,65	643,85	2,80
633,90	634,00	633,95	-	-
516,70	517,20	516,95	515,47	1,48
510,60	510,60	510,60	508,58	2,02
487,10	487,10	487,10	-	-
479,70	480,60	480,15	479,99	0,16
468,30	467,20	467,75	467,82	-0,07
462,20	462,70	462,45	461,42	1,03
452,30	451,70	452,00	-	-
442,40	442,70	442,55	-	-
442,30	442,60	442,45	-	-

2.táblázat: Cd lámpa spektruma a kalibrációhoz



2.ábra: Cd lámpa korrekciós illesztése

### Hidrogén spektruma

Először a Balmer-sorozat látható vonalainak hullámhosszát mértük meg a hidrogén lámpával. A mért hullámhosszat két mérés átlagából számoltuk. A fenti módon alkalmaztunk a korrekciót.

A Rydberg állandót az alábbi összefüggés segítségével határoztuk meg.

$$\frac{1}{\lambda} = R_h \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad , \text{ ahol } n=2, m=3,4,5; R_h \text{ a Rydberg állandó}$$

		H lámpa			
	$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{korrigált}}$	$R_h \text{ mért}$
$H_\alpha$	660,30	661,80	661,05	658,55	$1,0933 \cdot 10^7$
	581,30	583,10	582,20		
	502,00	502,70	502,35		
	499,00	499,10	499,05		
$H_\beta$	488,90	489,30	489,10	488,50	$1,0918 \cdot 10^7$
	483,40	483,30	483,35		
	468,20	469,00	468,60		
	445,20	445,70	445,45		
	442,50	442,80	442,65		
$H_\gamma$	437,20	437,40	437,30	436,90	$1,0899 \cdot 10^7$

3.táblázat: A H lámpa spektruma.

### Rydberg állandó

A fenti összefüggést felhasználva meghatároztuk a különböző átmenetekhez a Rydberg állandót, majd vettük ezek átlagát, amire a következő kaptuk:

$$R_{h \text{ mért}} = 1,0917 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}} \quad R_{h \text{ irod}} = 1,0919 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}$$

A relatív hiba:  $\delta R_h = 0,0002$ .

### Planck állandó

Az így kapott állandót felhasználva határoztuk meg a Planck állandót, az alábbi összefüggésből:

$$h = \sqrt[3]{\frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0 c R_h} \left( 1 + \frac{m_e}{m_p} \right)^{-1}} \quad h_{\text{mért}} = 6,6086 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$
$$h_{\text{irod}} = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

A relatív hiba:  $\delta h=0,002$ .

### Finomszerkezeti állandó

A Na lámpa spektrumában (4.táblázat) megfigyelt D-vonalak hullámhosszúság-aiból, az alábbi összefüggést felhasználva kiszámítottuk az  $\alpha$  finomszerkezeti állandót.

	Na lámpa spektruma, átmenetei					
	$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{korrigált}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	átmenet
	614,60	615,20	614,90	-	615,42	3s-2p <sub>2</sub>
D <sub>1</sub>	587,90	588,70	588,30	589,80	589,59	2p <sub>2</sub> -1s
D <sub>2</sub>	587,50	588,20	587,85	589,30	588,99	2p <sub>1</sub> -1s
	566,90	567,60	567,25	-	568,26	4d-2p <sub>1</sub>
	550,60	552,20	551,40	-	-	-
	515,00	515,30	515,15	-	515,36	4s-2p <sub>1</sub>
	497,50	498,20	497,85	-	497,86	5d-2p <sub>2</sub>
	473,60	474,50	474,05	-	474,80	-
	465,70	466,30	466,00	-	466,48	-
	449,00	449,60	449,30	-	449,42	-

4.táblázat: Na lámpa spektruma, átmenetei.

$$\alpha = \sqrt{\frac{n^3}{R_{\infty} Z^{*4} \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \left( \frac{1}{j_2 + \frac{1}{2}} - \frac{1}{j_1 + \frac{1}{2}} \right)^{-1}}}$$

A D-vonalak  $\lambda_1$  és  $\lambda_2$  vonalaihoz  $j_1=1/2$ , és  $j_2=3/2$  belső kvantumszám, és  $n=3$  főkvantumszám tartozik.  $Z^*=3,55$  az effektív magtöltés a Na-ra,  $R_{00}=1,0974$  Rydberg állandó.

Az adatokat felhasználva a finomszerkezeti állandóra a következőt kaptuk:

$$\alpha_{\text{mért}} = 6,619 \cdot 10^{-3} \quad \alpha_{\text{irod}} = 7,299 \cdot 10^{-3}$$

A relatív hiba:  $\delta\alpha=0,102$ .

### Na, K és Rb lámpa spektruma, átmenetei

A mérés során feladat volt felvenni a Na, K, és a Rb lámpák spektrumát is. A mért adatokat a 4. (Na), 5. (K), és a 6. (Rb) táblázatok tartalmazzák. Ahol tudtuk ott jelöltük a termdiagramból kapott hullámhosszakat is, illetve a Grotrian-diagramból kikeresett, a megfelelő hullámhosszhoz tartozó átmeneteket is.

K lámpa spektruma, átmenetei									
$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	átmenet	$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	átmenet
701,10	702,20	701,65	-	-	533,10	535,20	534,15	533,96	-
697,20	698,00	697,60	696,50	4d-2p <sub>1</sub>	513,10	514,20	513,65	-	-
692,20	692,90	692,55	693,60	4d-2p <sub>2</sub>	512,00	512,90	512,45	511,22	-
590,90	591,30	591,10	-	-	509,90	509,50	509,70	509,92	-
584,00	584,10	584,05	-	-	493,80	495,20	494,50	-	-
583,10	582,80	582,95	583,23	5d-2p <sub>1</sub>	487,60	488,20	487,90	-	-
581,20	583,00	582,10	581,17	5d-2p <sub>2</sub>	481,20	482,60	481,90	-	-
580,00	581,00	580,50	580,21	4s-2p <sub>1</sub>	464,40	466,00	465,20	-	-
537,20	537,90	537,55	535,95	-	456,00	456,80	456,40	-	-
535,60	536,80	536,20	534,29	-	405,60	406,70	406,15	404,72	3p <sub>1</sub> -1s

5.táblázat: K lámpa spektruma, átmenetei.

Rb lámpa spektruma, átmenetei									
$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	átmenet	$\lambda_j$	$\lambda_b$	$\lambda_{\text{átlag}}$	$\lambda_{\text{táblázat}}$	átmenet
632,50	633,80	633,15	629,85	5d <sub>1</sub> -2p <sub>1</sub>	532,80	532,80	532,80	532,29	-
623,30	623,80	623,55	620,65	5d <sub>2</sub> -2p <sub>2</sub>	527,20	526,90	527,05	526,03	-
618,60	619,80	619,20	615,98	4s-2p <sub>1</sub>	521,10	520,10	520,60	519,57	-
608,90	609,00	608,95	607,09	4s-2p <sub>2</sub>	516,50	517,00	516,75	516,51	3d <sub>1</sub> -1s
573,60	574,60	574,10	572,42	-	509,90	509,70	509,80	-	-
565,60	567,10	566,35	565,40	-	503,20	503,80	503,50	-	-
558,80	559,80	559,30	557,92	-	456,20	456,40	456,30	-	-
544,00	544,80	544,40	543,16	-	422,70	422,50	422,60	421,55	3p <sub>2</sub> -1s
540,50	540,00	540,25	539,10	-	421,50	421,20	421,35	420,18	3p <sub>1</sub> -1s
537,30	538,00	537,65	536,27	-					

6.táblázat: Rb lámpa spektruma, átmenetei.