

Modern Fizika Labor

Fizika BSC

A mérés dátuma: 2009. 03. 30	A mérés száma és címe: Alkáli Spektrumok, 8.	Értékelés:
A beadás dátuma:	A mérést végezte: Meszéna Balázs, Tüzes Dániel	

Bevezető

A XIX. század nagy érdeme a kvantummechanika, mely magyarázatot adott az egyes anyagok színképében jelentkező diszkrét vonalak megjelenésére. A jelenség fenomenologikus kezelése már önmagában elegendő a különböző anyagok azonosítására, de a jelenség elméleti modelljében megjelenő állandók is kiszámíthatóak a mérések eredményéből. Jelen mérés célja nem az anyagok azonosítása, hanem ezen állandók meghatározása, úgy mint a Planck, a Rydberg és a finomszerkezeti állandó.

Mérés kivitelezése

A mérés során higany, kadmium, nátrium, kálium, rubídium és hidrogén lámpákat használtunk, első kettőt a spektroszkóp kalibrálására, míg a többi az állandók meghatározására használtuk. Az egyes termek beazonosítására egy táblázat nyújtott segítséget, mely adatok egy része a <http://www.free-form.ch/tools/speccli.html>, másik része pedig a <http://astro.u-strasbg.fr/~koppen/discharge/> oldalról érhető el. A mérést egy TB-2 típusú spektroszkóppal végeztük, fényforrásként az előbb felsorolt anyagokat felhasználó spektrállámpát használtunk.

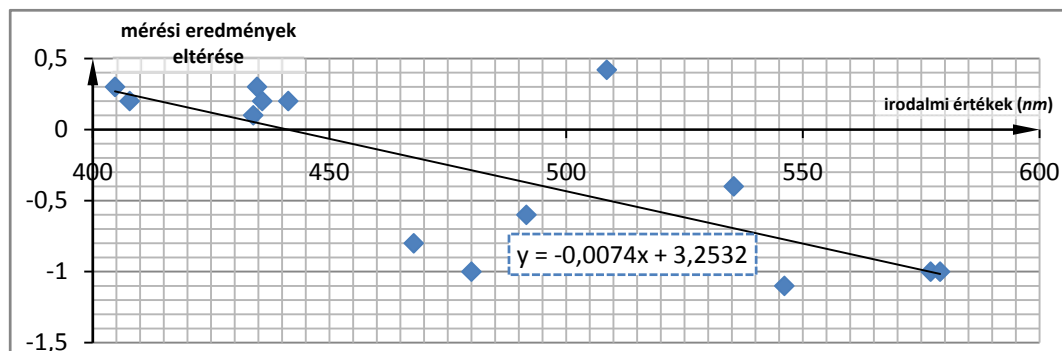
Mérési feladatok – eredmények

1. Kalibrálás

A higany illetve kadmium spektrállámpák segítségével végzett mérés során az alábbi hullámhosszakon tapasztaltunk emissziót:

Higany			Kadmium		
mért	irodalmi	eltérés	mért	irodalmi	eltérés
405	404,7	0,3	441,5	441,3	0,2
408	407,8	0,2	465,5		
434	433,9	0,1	467	467,8	0,8
435	434,7	0,3	479	480	1
436	435,8	0,2	509	508,58	0,42
491	491,6	0,6	515		
495,5			632		
503			643		
505					
530					
535	535,4	0,4			
536					
545	546,1	1,1			
566					
576	577	1			
578	579	1			
588					
606					
611					
622					
688					

A mért eredmények nm-ben értendők, a leolvasás hibája 500nm-ig $\pm 0,25\text{nm}$, nagyobb értékekre pedig $\pm 0,5\text{nm}$. A mért eredmények eltérését az irodalmi adattól az alábbi grafikonon szemléltetjük.



Mint látható, az eltérések mértéke és az irodalmi értékek között nincs szoros kapcsolat, azonban egy egyenest mindenképp lehet rá illeszteni, a későbbiekben ezzel korrigáljuk a mért eredményeket. Az eltérések mindemellett nem számottevőek a leolvasás pontosságához képest.

2. A hidrogén színképének elemzése során az alábbi értékeket mértük nm-ben:

Mért értékek	korrigált értékek	irodalmi értékek
410,5	410,3	410,2
434	434,0	434
437	437,0	
486	486,3	486,1
496,5	496,9	
502	502,5	
532	532,7	
543	543,8	
615	616,3	
655	656,6	656,3

A mérési eredményekből meghatározható a Rydberg állandó a $\frac{1}{\lambda} = \tilde{\nu} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ formulából.

Jelen esetben a Balmer sorozatot mértük ki, azaz $n = 2$. Az első azonosított átmenet a $H_\delta \Leftrightarrow m = 6$, a második a $H_\gamma \Leftrightarrow m = 5$, a harmadik a $H_\beta \Leftrightarrow m = 4$, míg az utolsó a $H_\alpha \Leftrightarrow m = 3$, így a Rydberg állandók értékei:

Átmenet	$R_{H_\alpha} (10^7 / m)$	$R_{H_\beta} (10^7 / m)$	$R_{H_\gamma} (10^7 / m)$	$R_{H_\delta} (10^7 / m)$	$\overline{R_{H,\text{mért}}} (10^7 / m)$
érték	1,0976	1,0976	1,0976	1,0976	$1,0968 \pm 0,0006$

A hibát a leolvasás pontatlanságából számoltuk, valamint figyelembe véve, hogy a mérési eredmények bizonytalansága a mérés számának négyzetgyökének reciprokjával skálázik. Az értékek nagyon (már-már túlságosan) jól közelítik a Rydberg állandó valódi $R_H = 1,09737 \cdot 10^7 / m$ értékét.

A Planck állandó és a Rydberg állandó kapcsolatát a $R_H = \frac{m_e e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^3 c} \left(1 + \frac{m_e}{m_p} \right)^{-1}$ összefüggéssel adhatjuk

meg, melyből $h = \sqrt[3]{\frac{m_e e^4}{8 \varepsilon_0^2 R_{H,\text{mért}} \left(1 + \frac{m_e}{m_p} \right) c}}$. Az egyes értékeket a

http://en.wikipedia.org/wiki/Physical_constant oldalról használtuk fel. Az értékeket visszahelyettesítve kapjuk, hogy $h = (6,6260 \pm 0,0012) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

3. A mérés további lépéseként megmértük a nátrium, kálium és rubídium lámpák színekvonalainak hullámhosszát. A mérési eredményeket a már korábban részletezett korrekcióval számolva az alábbi táblázat tartalmazza nm -ben megadva:

nátrium	rubídium	kálium		
466,20	441,51	404,74 $3p_1 - 1s$	495,41	552,83
474,25	465,69	455,11	509,51	578,02
497,93 $5d - 2p_2$	467,71	463,68	510,52	580,03 $4s - 2p_1$
515,56	479,29	474,76	512,54	581,04
567,94 $4d - 2p_1$	509,51	479,29	532,68	584,06 $5d - 2p_1$
589,10 $2p_1 - 1s$	515,56	486,34	533,69	589,10
589,60 $2p_2 - 1s$	633,42	492,89	535,71	590,11
615,29 $3s - 2p_2$	644,51			691,85

- a. Az egyes átmenetek közül a kiemeltet tudtuk azonosítani az irodalmi hivatkozásban találhatóak alapján, az észlelt hullámhossz alá odaírtuk a feltételezett átmenetet.
b. Dubletteket a nátriumnál azonosítva (az utolsó előtti két átmenet), abból a

$$\Delta \tilde{\nu}_{j_2, j_1} = R \frac{\alpha^2 Z^4}{n^3} \left[\frac{1}{j_2 + 1/2} - \frac{1}{j_1 + 1/2} \right] \text{ képlet felhasználásával meghatározható az } \alpha$$

finomszerkezeti állandó: $\alpha = \sqrt{\frac{n^3}{RZ^4} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \left(\frac{1}{j_2 + 1/2} - \frac{1}{j_1 + 1/2} \right)^{-1}}$, ahol jelen esetünkben a

dublett term n főkvantumszáma $n = 3$, $R = R_{H, \text{mért}} \left(1 + \frac{m_e}{m_p} \right) = 1,10277 \cdot 10^7 / m$, az effektív Z

magtöltés értéke $Z = 3,55$, a λ hullámhosszak a táblázatból leolvasandók, a belső j kvantumszámok pedig $j_1 = 1/2$ és $j_2 = 3/2$. Az adatokat behelyettesítve

$$\alpha = 0,00666207 \pm 0,002 = \frac{1}{150 \pm 50}, \alpha_{\text{irodalmi}} = \frac{1}{137,0}.$$

Mérésünk nagy hibája abból adódik, hogy a leolvasási pontosság $\pm 0,5nm$, márpedig a két dublett között nem egészen $1nm$ különbséget látván azt inkább $0,5nm$ -nek vettük. A két mennyiség különbsége szerepel a kifejezésben, így az, hogy a hullámhosszak értékét olvasom le és nem pedig a különbségüket próbálom meghatározni, túlzott mértékben növeli a hibát, ekkora hibáknál pedig a hibaterjedés képletei sem érvényesek, így a feltüntetett hiba empirikus, nem pedig számolt.