

8. A hidrogén és az alkáliatomok optikai színeképeinek vizsgálata

PÁPICS PÉTER ISTVÁN

csillagász, 3. évfolyam

Mérőpár: Balázs Miklós, Molnár László, Plachy Emese

2006.05.10.

Beadva: 2006.05.15.

Értékelés: _____

A MÉRÉS LEÍRÁSA

A mérést egy TB-2 típusú spektrográf segítségével végeztük. Az alkalmazott spektrálmű: higany, kadmium, nátrium, kálium, rubídium és hidrogén. Ezen felül a mérés kiértékelésénél színképtáblázatok és termdiagramok álltak rendelkezésre.

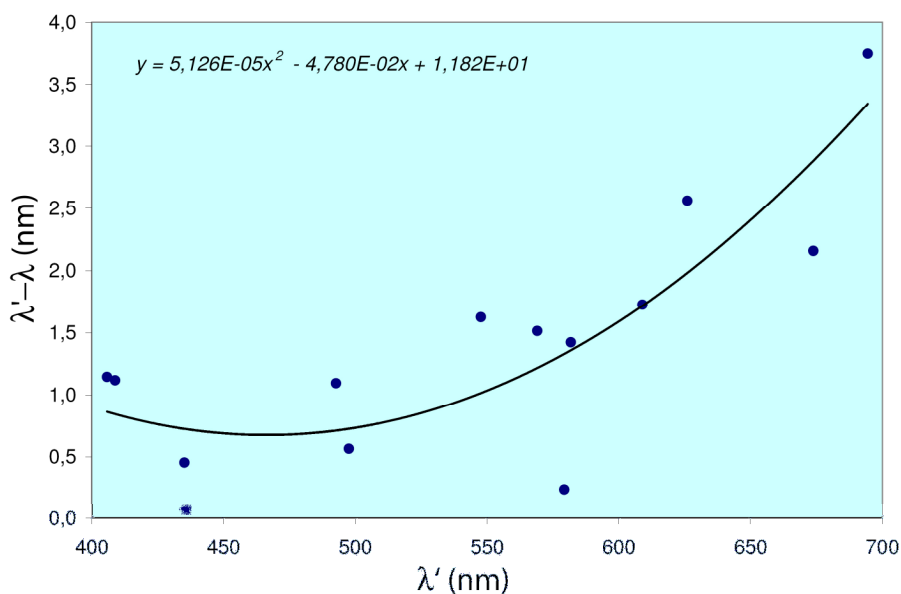
Az elméleti alapokat a jegyzetből elsajátítottuk illetve felfrissítettük korábban megszerzett tudásunkat, ennek tárgyalására itt nem térek ki.

Higany	(nanométerben)	
λ' (mért)	λ (irod.)	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$
405,8	404,656	1,1
408,9	407,783	1,1
435,2	434,749	0,5
435,9	435,833	0,1
436,9		
437,3		
492,7	491,607	1,1
497,6	497,037	0,6
504,7		
507,1		
547,7	546,074	1,6
569,1	567,586	1,5
579,3	579,066	0,2
581,8	580,378	1,4
609,0	607,272	1,7
615,0		
626,0	623,440	2,6
673,8	671,643	2,2
694,5	690,752	3,7

Az első feladat a **SPEKTROSKÓP KALIBRÁLÁSA** volt. A mérést mind a Hg mind a Cd lámpa esetén a rövidebb hullámhosszaktól a hosszabbak felé haladva végeztük el, a laborvezető utasításainak megfelelően csak egy alkalommal. A mért adatokat az irodalmi értékekkel összehasonlítva a spektroszkópra jellemző korrekciós értékeket számolhatunk, melyekkel a későbbi mérésekben korrigálhatjuk a leolvasott hullámhosszértékeket. A jegyzőkönyvben szereplő hullámhosszértékek minden esetben nm egységekben vannak feltüntetve.

A dőlt számmal szedett vonalak kettősnek látszottak, de nem tudtuk kimérni külön-külön a két komponenst, furcsa, hogy a táblázatban sem találtam nekik megfelelő értéket.

A leolvasási pontosságról: 500 nm alatt 0,5 nm-es osztások voltak, így az elméleti leolvasási pontosság $\pm 0,25$ nm volt, gyakorlatilag 0,1 nm-t is könnyű volt becsülni. 500 nm felett 1 nm-es osztások voltak, így az elméleti leolvasási pontosság 0,5 nm volt, de itt is törekedtünk 0,1 nm-t pontosan becsülni, ami 700 nm felé közeledve már igen nehéz volt.

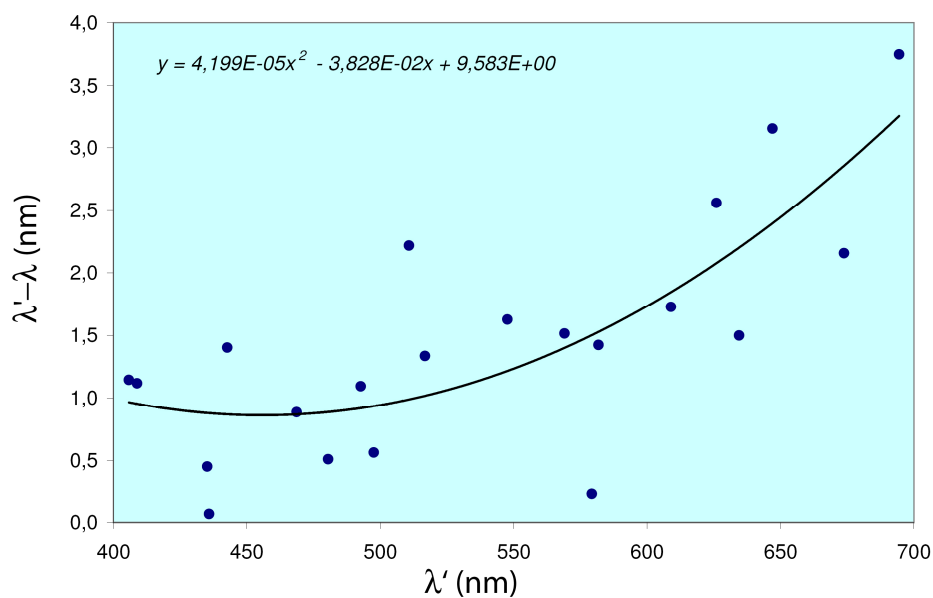
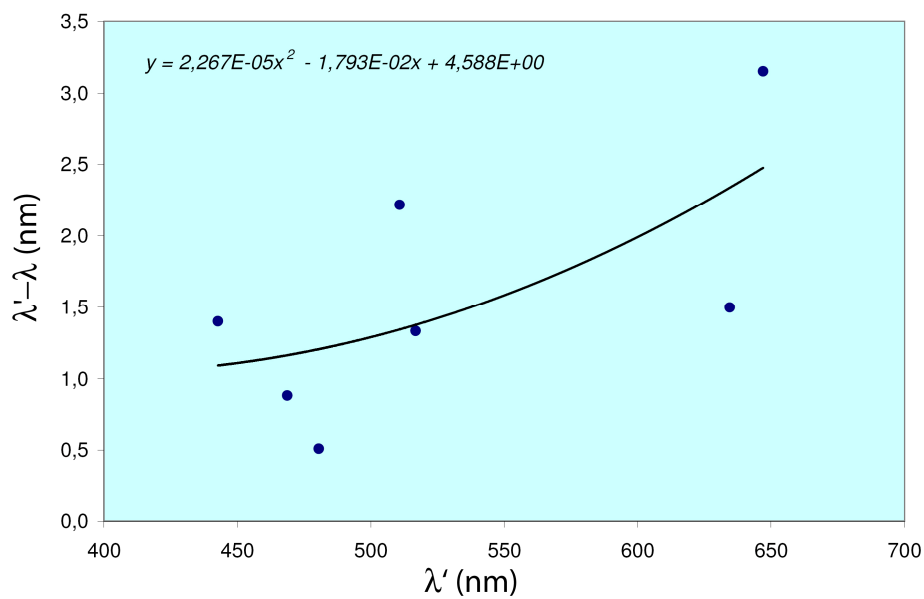


1. ábra: a Hg lámpa korrekciós görbéje

A korrekciós görbe egyenlete az ábráról leolvasható, másodfokú függvény illesztésével adódott.

Kadmium		(nanométerben)
λ' (mért)	λ (irod.)	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$
442,7	441,2989	1,4
468,7	467,8149	0,9
480,5	479,9912	0,5
510,8	508,5822	2,2
516,8	515,4660	1,3
634,5	633,0013	1,5
647,0	643,8470	3,2

Az ebből adódott korrekciós görbe, majd a két mérés pontjainak egybe vétele után a pontok összességére illesztett végső korrekciós görbe:



2-3. ábra: a Cd lámpa korrekciós görbéje és az együttes korrekciós görbe

Ezek alapján a következőkben a korrigált hullámhosszakat a következő képlet alapján számolhatjuk:

$$\lambda_{\text{korrigált}} = \lambda' - (4,199 \times 10^{-5} \times \lambda'^2 - 3,828 \times 10^{-2} \times \lambda' + 9,583)$$

The following wavelengths which have been determined in air are taken from: "Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions" from Joseph Reader and Charles H. Corlies

$\lambda_{Cd} / \text{\AA}$	$\lambda_{Hg} / \text{\AA}$	rel. Int.	$\lambda_{Cd} / \text{\AA}$	$\lambda_{Hg} / \text{\AA}$	rel. Int.	$\lambda_{Cd} / \text{\AA}$	$\lambda_{Hg} / \text{\AA}$	rel. Int.
	3021,50	300	3704,17		35		5290,74	20
	3023,47	12 0		3801,66	30		5316,78	5
	3025,61	30		3901,87	20		5354,05	60
	3027,49	50		3906,37	60		5384,63	30
3080,822		150	3981,926		10		5460,74	1100
3082,593		30		4046,56	1800		5549,63	30
	3125067	400		4077,83	150		5675,86	160
	3131,55	320		4108,05	40		5769,60	240
	3131,84	320	4306,672		8		5789,66	100
3133,167		200		4339,22	250		5790,66	280
3252,524		300		4347,49	400		5803,78	140
3261,055		300		4358,33	4000		5859,25	60
	3341,48	80	4412,989		3		5871,98	20
3403,652		800	4662,352		8		6072,72	20
3466,200		1000	4678,149		200	6099,142		300
3467,655		800	4799,912		300	6111,490		100
3499,952		25		4883,00	5		6234,40	30
3610,508		1000		4889,91	5	6325,166		100
3612,873		800		4916,07	80	6330,013		30
3614,453		60		4970,37	5	6438,470		2000
3649,558		20		4980,64	5		6716,43	160
	3650,15	2800	5085,822		1000	6778,116		30
	3654,84	300		5102,70	20		6907,52	250
	3662,88	80		5120,64	40		7081,90	250
	3663,28	240		5137,94	20		7091,86	200
	3701,44	30	5154,660		6		7728,82	20

Az irodalmi értékeket a kalibrációhoz ebből a táblázatból vettem

A következő feladat a **HIDROGÉN SPEKTRUMÁNAK MÉRÉSE** és ebből a Rydberg-állandó és a Planck-állandó meghatározása volt.

A következő táblázat összefoglalja a mért adatokat, a korrigált értékeket, az irodalmi értékeket és a korrigált értékekből számolt Rydberg-állandót.

Hidrogén		(nanométerben)				
λ' (mért)	λ (irod.)	λ (korr.)	Vonal	m	R_H (1/m)	
435,4	434,047	434,52	gamma	5	1,09589E+07	
463,5						
486,1	486,133	485,20	béta	4	1,09920E+07	
659,0	656,279	656,41	alfa	3	1,09688E+07	

A Rydberg-állandót az alábbi összefüggésből határozhatjuk meg:

$$\frac{1}{\lambda_{\text{korr}}} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad \text{ahol } n=2 \text{ és } m=3,4,5$$

Végül a mért értékek átlagolásából:

$$R_H = (1,097 \pm 0,001) \times 10^7 \text{ 1/m}$$

Az irodalmi érték $1,0967758 \times 10^7$ 1/m (Budó-Mátrai III. kötet) hibahatáron belül van, hibának az értékek empirikus szórását vettem. A kapott értékből határoztam meg a Planck-állandót is:

$$h = \sqrt[3]{\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 c R_H} \left(1 + \frac{m_e}{m_p} \right)^{-1}} = 6,62498 \times 10^{-34}$$

Ez alapján, a hibát az előző hiba továbbszámolásából nyerve:

$$h = (6,6 \pm 0,7) \times 10^{-34} \text{ Js}$$

Az irodalmi érték $6,6260755 \times 10^{-34}$ Js, mely két tizedesig egyezik a mért értékkel, még ha a hibaszámítás a második tizedes feltüntetését az eredményben már nem engedi meg.

A következő feladat a **NÁTRIUM, KÁLIUM ÉS RUBÍDIUM VONALAINAK AZONOSÍTÁSA** volt. A következőkben lássuk az elemek mért és számított adatait, a kiadott Grotrian-diagramok alapján meghatározott átmeneteket és spektroszkópiai szimbólumokat tartalmazó táblázatokat.

Nátrium		(nanométerben)			
λ' (mért)	λ (irod.)	λ (korr.)	átmenet		
499,0	497,861	498,06	$3p^2 P_{1/2} - 5d^2 D_{5/2,3/2}$		
500,0	498,287	499,06	$3p^2 P_{3/2} - 5d^2 D_{5/2,3/2}$		
516,1	514,909	515,09	$3p^2 P_{1/2} - 6s^2 S_{1/2}$		
517,5	515,365	516,48	$3p^2 P_{3/2} - 6s^2 S_{1/2}$		
569,2	568,267	567,80	$3p^2 P_{1/2} - 4d^2 D_{5/2,3/2}$		
570,5	568,822	569,09	$3p^2 P_{3/2} - 4d^2 D_{5/2,3/2}$		
591,5	588,9963	589,87	$3s^2 S_{1/2} - 3p^2 P_{3/2}$		D2
592,5	589,593	590,86	$3s^2 S_{1/2} - 3p^2 P_{1/2}$		D1
618,8	615,421	616,83	$3p^2 P_{1/2} - 5s^2 S_{1/2}$		
620,0	616,073	618,01	$3p^2 P_{3/2} - 5s^2 S_{1/2}$		

Sajnos a hátunk mögött zajló másik mérés fénye sokat rontott a szemünk érzékenységén, így általában nagyon halványan és bizonytalanul láttuk a vonalakat, főleg a Kálium és a Kadmi-um esetén.

Kálium	(nanométerben)		átmenet
	λ' (mért)	λ (irod.)	
405,8	404,72	404,84	$4s^2S_{1/2} - 5p^2P_{1/2}$
456,4		455,54	
464,8	464,758	463,94	$4s^2S_{1/2} - 3d^2D_{5/2,3/2}$
510,2	509,918	509,22	
512,2	511,22	511,21	
513,5		512,50	
534,0	532,323	532,88	
535,6	533,967	534,47	$4p^2P_{3/2} - 7s^2S_{1/2}$
537,8	535,952	536,66	
555,3		554,03	
580,7	580,27	579,19	
582,8	581,271	581,26	$4p^2P_{1/2} - 5d^2D_{5/2,3/2}$
583,9	583,231	582,35	$4p^2P_{3/2} - 5d^2D_{5/2,3/2}$
585,9		584,33	
592,0		590,36	
592,8	591,1	591,15	$4p^2P_{1/2} - 6s^2S_{1/2}$

Sajnos a kiadott fénymásolt táblázatok minősége hagy némi kívánni valót maga után, több helyen olvashatatlan a fotókópia, így lehet, hogy a felsorolt átmenetek között volt, amit nem tudtam leolvasni, pl. látszik még, hogy van a papíron ötszázharmincvalahányas, de egyszerűen olvashatatlan.

Rubídium	(nanométerben)		átmenet
	λ' (mért)	λ (irod.)	
517,5	516,518	516,48	$5s^2S_{1/2} - 4d^2D_{5/2}$
520,1	519,57	519,07	
550,6		549,36	
557,8	557,92	556,50	
563,0	564,796	561,66	

Ahol nincs kitöltve az irodalmi hullámhossz, ott nem találtam a táblázatban megfelelő értéket.

Az utolsó feladat **A FINOMSZERKEZETI ÁLLANDÓ MEGHATÁROZÁSA** volt a Nátrium D vonalainak hullámhosszából.

$$\alpha = \sqrt{\frac{n^3}{R_\infty Z^4} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \left(\frac{1}{j_2 + \frac{1}{2}} - \frac{1}{j_1 + \frac{1}{2}} \right)^{-1}} = 9,381 \times 10^{-3}$$

Tehát a finomszerkezeti állandó: $\alpha = 9,381 \times 10^{-3}$

Nehéz lenne ennek a hibáját megbecsülni, ugyanis a mérés során a hullámhossznál nem csak a mérési hiba, de a korrekció hibája is közrejátszik... Az irodalmi adat $7,297 \times 10^{-3}$ legalább nagyságrendben megegyezik a mért adattal.