

ALKÁLI SPEKTRUMOK

MODERN FIZIKA LABOR JEGYZŐKÖNYV

JUHÁSZ LILLA

NAGY DÁVID

összefoglalás

Higany, kadmium, nátrium, kálium, rubídium és hidrogén vonalas színeképét vizsgáltuk TB-2 spektroszkóppal. Az első kettőt a spektroszkóp kalibrálására használtuk. A mérési adatokból meghatároztuk a Rydberg-, Planck- és a finomszerkezeti állandó értékét.

kalibráció

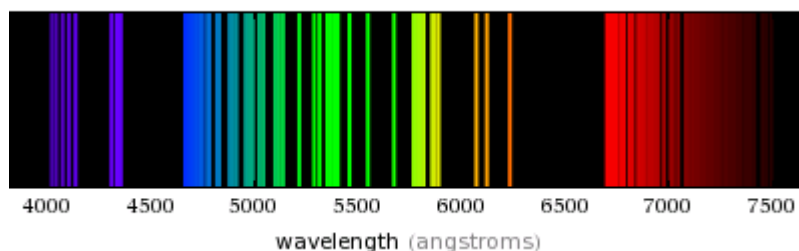
A mért adatokat összehasonlítva az irodalmi adatokkal, becsülhetünk egy a spektroszkópra jellemző korrekciós függvényt. A korrekciós függvény:

$$f(\lambda') = \lambda' - \lambda$$

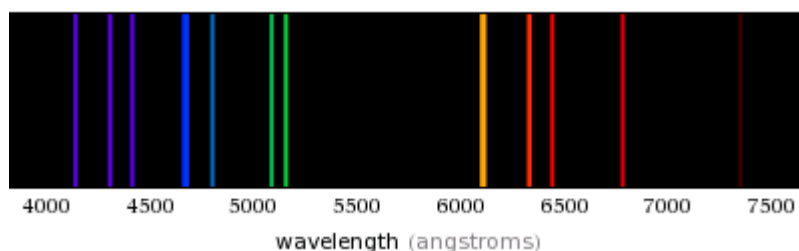
A leolvasott pontok közötti értékekre azt az utasítást kaptuk hogy lineáris interpolációval közelítsük.

Megjegyezném, hogy a korrekciós feltehetőleg az eszközre jellemző szisztematikus hibát hivatott kiküszöbölni, viszont ennek nem sok értelme van annak fényében hogy nagyobb a mérési adatok véletlenszerű szórása mint a szisztematikus hiba nagysága így a korrekciós függvény is véletlenszerű. Ráadásul így a korrekciós függvényben egy outlier rengeteg adatot elront később. Például a rubídiumnál a mért értékek átlagos eltérése az irodalmi adatoktól 0.66 míg a korrigált adatoké 1.

A higany látható spektruma:



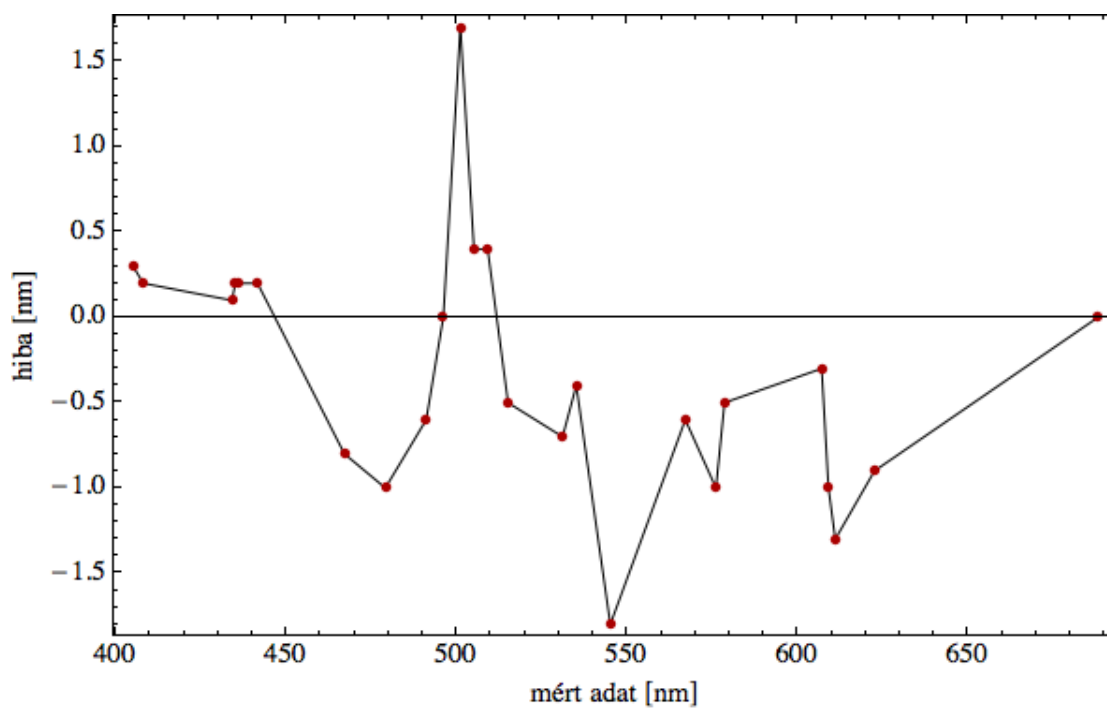
A kadmium látható spektruma:



Az irodalmi adatok forrása:

Wolfram Alpha knowledgebase, 2011
Ralchenko, Y., et al. "NIST Atomic Spectra Database (Version 4.0.1)."
National Institute of Standards and Technology

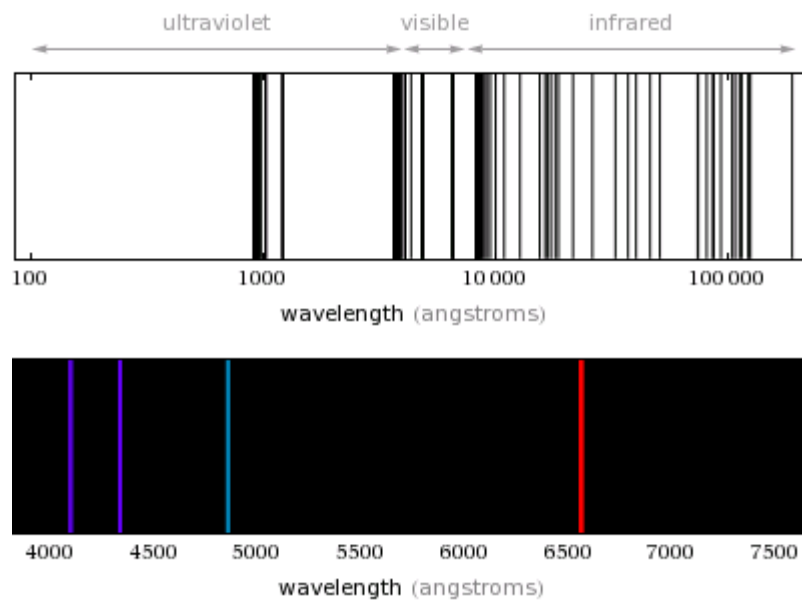
A korrekciós függvény a mért pontok között lineárisan interpolálva:



Hg [nm]		
mért adat	irodalmi adat	hiba
405	404.7	0.3
408	407.8	0.2
434	433.9	0.1
435	434.8	0.2
436	435.8	0.2
491	491.6	-0.6
496	496	0
501	499.3	1.7
505	504.6	0.4
531	531.7	-0.7
535	535.4	-0.4
545	546.8	-1.8
567	567.6	-0.6
576	577	-1
578.5	579	-0.5
607	607.3	-0.3
611	612.3	-1.3
622.5	623.4	-0.9
688	688	0

Kadmium [nm]		
mért adat	irodalmi adat	hiba
441.5	441.3	0.2
467	467.8	-0.8
479	480	-1
509	508.6	0.4
515	515.5	-0.5
609	610	-1

a hidrogén spektruma



Azokat a vonalakat amelyek az irodalomban nem találtam, kihagytam a táblázatból. A maradék adatok:

Hidrogén [nm]		
mért adat	korrigált adat	irodalmi adat
434	434.1	434.5
486	485.2	486.1
654.5	653.736	656.3

Innen a Rydberg-állandó meghatározásához a mérési leírásban szereplő (9)-es képletet használtam:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Mivel a Balmer-sorozatot vizsgáljuk ezért $n=2$ és $m=3,4,5$ sorban H_α , H_β , és H_γ -ra. Innen a (9) alapján számolt Rydberg-állandók:

Rydberg-állandó értéke a Balmer-sorozat alapján [$\times 10^7 \frac{1}{m}$]			
m	mért érték	irodalmi érték	hiba
5	1.09696	1.09678	0.00018
4	1.16397	1.09678	0.06719
3	1.10142	1.09678	0.00464
átlag	1.12078		0.02400

Látható hogy az átlag számításának nem sok értelme van, mivel már a vonalak helyzetét összehasonlítva az irodalmi adattal egyértelmű hogy melyik vonalból számolt Rydberg-állandó lesz a legpontosabb.

Innen számoljuk a Planck-állandót a mérési leírás (10)-es képletének h-ra rendezése alapján:

$$h = \sqrt[3]{\frac{e^4}{8c\epsilon_0^2 R_H} \frac{m_p m_e}{m_p + m_e}}$$

amibe a mért értékeket helyettesítve:

$$h_{\text{átlag}} = 6.57836 \times 10^{-34} \text{ Js} \mp 0.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

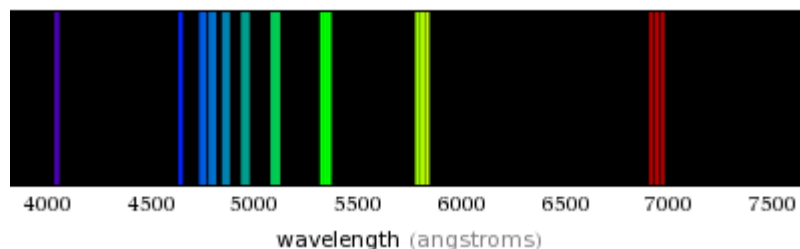
$$h_{\text{legjobb}} = 6.62563 \times 10^{-34} \text{ Js} \mp 0.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

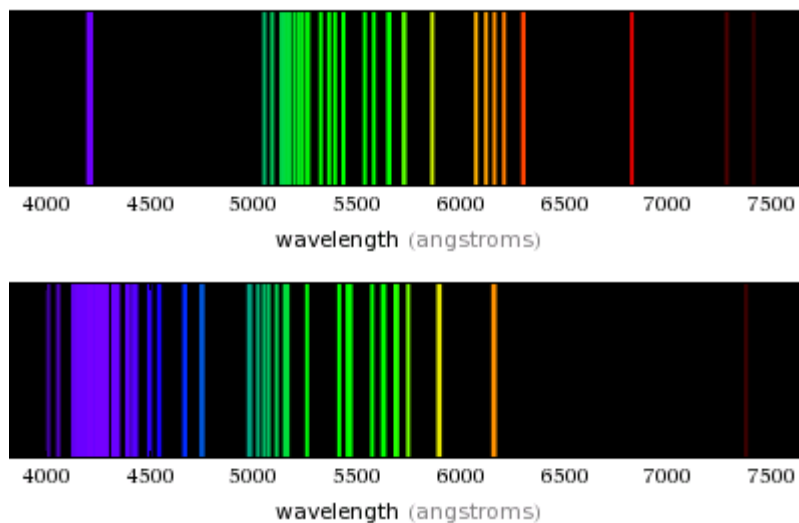
$$h_{\text{irodalmi}} = 6.62607 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

Itt a hibába a a leolvasási hiba mellett a korrekciós függvény és egyéb okokból származó szórást is figyelembe vettem.

finomszerkezeti állandó

Kálium, rubidium, nátrium látható tartományba eső spektrumai (sorrendben):





A Na D vonalaiból a finomszerkezeti állandó a (15)-ös képlet alapján:

$$\alpha_{\text{mért}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{j_2 + \frac{1}{2}} - \frac{1}{j_1 + \frac{1}{2}}\right) * \left(\frac{1}{588.574 * 10^{-9}} - \frac{1}{588.07 * 10^{-9}}\right) * n^3}{R * Z^4}} = 0.0067168 \mp 0.002$$

ahol

$$R = R_H \left(1 + \frac{m_e}{m_p}\right)$$

A feltüntetett hiba a leolvasás pontatlanságából van számolva (0.5nm) ami nem teljesen korrekt mert a korrekciós függvény hibája is hasonló nagyságrend. Ennek ellenére a hibahatáron van a valódi:

$$\alpha = \frac{1}{137} = 0.00729$$

Na [nm]			
mért	korrigált	irodalmi	átmenet
466	465.239	466.5	$6d^2D_{\frac{3}{2}} \rightarrow 3p^2P_{\frac{1}{2}}$
474.5	473.575	474.8	$7s^2S_{\frac{1}{2}} \rightarrow 3p^2P_{\frac{1}{2}}$
498	498.68	498.3	$5d^2D_{\frac{5}{2}} \rightarrow 3p^2P_{\frac{3}{2}}$
515	514.5	515.3	$6s^2S_{\frac{3}{2}} \rightarrow 3p^2P_{\frac{3}{2}}$
567.5	566.878	568.2	$4d^2D_{\frac{3}{2}} \rightarrow 3p^2P_{\frac{1}{2}}$
588.5	588.07	588.9	$3p^2P_{\frac{3}{2}} \rightarrow 3s^2S_{\frac{1}{2}}$
589	588.574	589.6	$3p^2P_{\frac{1}{2}} \rightarrow 3s^2S_{\frac{1}{2}}$
615	613.8	615.4	$5s^2S_{\frac{1}{2}} \rightarrow 3p^2P_{\frac{1}{2}}$

K[nm]		
mért	korrigált	irodalmi
404.5	404.817	404.7
464	463.318	464.2
479	478.000	478.7
485	484.200	485
495	494.880	495
510	510.250	509.9
512	511.950	511.2
532	531.375	532.3
533	532.450	534
534	533.525	534.3
579	578.504	578.2
582	581.525	581.2

Rb[nm]		
mért	korrigált	irodalmi
420.5	420.652	420.1
422	422.146	421.6
502	503.375	505
508	508.4	508.7
515.5	514.994	515
519	518.45	519.5
526	525.363	526
536	535.46	536.2
557	555.855	557.8
564	563.236	564.7
572	571.178	572.4
607	606.7	607.1
615	613.839	616
620	619.013	620.6