

Fyzikální praktikum 3

Úloha č. 4: Určení teploty elektrického oblouku spektrálními metodami

Ondřej Mikulaščík, zpracováno 16. května 2009

1. Zadání

- Určete z naměřeného molekulového spektra OH rotační teplotu.
- Z pyrometrické přímky určete teplotu oblouku pro naměřená spektra Fe.

2. Teorie

Obsáhlý teoretický úvod je uveden ve dvou dílech návodu k této úloze, tudíž ho zde neuvádím.

K zpracování spekter radikálu OH jsem využil závislosti:

$$(1) \quad \ln\left(\frac{I_c}{\nu^4 S}\right) = -\frac{B_v \cdot hc}{kT} N'(N'+1) + konst. \quad ,$$

kde I_c je intenzita spektrální čáry opravená o pozadí, ν je vlnčet dané rotační čáry, S je Hönl-Londonův intenzitní faktor daného přechodu, B_v je rotační konstanta, N' je rotační kvantové číslo horního stavu, h je Planckova konstanta, c rychlost světla ve vakuu, k Boltzmannova konstanta a T hledaná teplota v Kelvinech. Ze závislosti levé strany vztahu (1) na hodnotě $N'(N'+1)$ jsem určil směrnici a , z níž jsem pak určil teplotu pomocí úpravy vztahu (1):

$$(2) \quad T = -\frac{B_v \cdot hc}{k a} \quad .$$

Pro zpracování naměřeného spektra železa jsem využil závislosti

$$(3) \quad \ln\left(\frac{I_{mn} \lambda_{mn}}{A_{mn} g_m}\right) = f(E_m) \quad ,$$

kde I je intenzita a λ vlnová délka dané spektrální čáry, přičemž jejich indexy označují přechod elektronu z m -té horní hladiny na n -tou dolní hladinu, A_{mn} je pravděpodobnost přechodu mezi hladinami, g_m je statistická váha horního energetického stavu a E_m je excitační energie horního kvantového stavu m . Pro tuto závislost jsem opět určil směrnici a a teplotu pak dostal jako:

$$(4) \quad T = -\frac{1}{ka} \quad .$$

B_v [m^{-1}]	k [JK^{-1}]	c [ms^{-1}]	h [Js]	k [eVK^{-1}]
1696.6	1.38E-23	3.00E+08	6.63E-34	8.62E-05

Tabulka 1: Použité konstanty.

3. Zpracování

Ke zpracování spektra radikálu OH jsem si vybral soubor OH-06.spc. Pomocí simulace tohoto spektra v programu Lifbase 2.0.63 jsem v programu Spectrum Analyzer 1.7 ztotožnil spektrální čáry s vlnovými délkami podle zadání. Určil jsem hodnotu pozadí spektra z průměru desíti hodnot, které jsem

měřil v místech, kde nebyly žádné píky. Tato hodnota mi vyšla jako $I_0 = 427,34$ AU a ode všech získaných intenzit jsem ji pak odečetl.

Tato měření jsou shrnuta v tabulkách 2 a 3. Do grafu 1 jsem pak vynesl závislost podle vztahu (1) a z jeho směrnice podle vztahu (2) jsem určil teplotu $T = 271,35$ K.

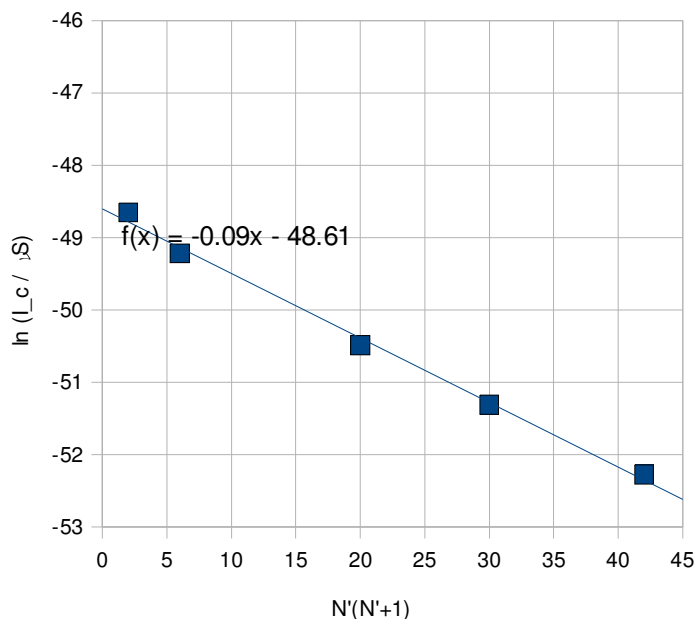
I_0 [AU]
283.16
267.47
280.02
336.79
331.01
395.45
338.71
307.91
258.59

Tabulka 2: Určování intenzity pozadí OH radikálu.

N'	J	$S_{JJ'}$	λ [nm]	I [AU]	I_c [AU]	$\nu \cdot 10^6$ [m^{-1}]	$N'(N' + 1)$	$\ln(I_c / I S)$
1	3/2	0.56	307.84	46976.33	46548.60	3.25	2	-48.65
2	5/2	1.07	308.00	50267.67	49839.94	3.25	6	-49.22
4	9/2	2.10	308.33	27907.33	27479.60	3.24	20	-50.49
5	11/2	2.64	308.51	15579.00	15151.27	3.24	30	-51.31

Tabulka 3: Určení pyrometrické přímky OH radikálu.

Graf 1 - Určení pyrometrické přímky OH radikálu



Obdobným způsobem jsem získal teplotu u naměřeného spektra Fe. Zpracovával jsem soubor Ze6.dat, tentokrát pouze programem Spectrum Analyzer 1.7. Hodnota pozadí spektra jsem určil na $I_0 = 2569,27$ AU. V tabulce 4 a grafu 2 jsou pak shrnuty výpočty podle vztahů (3) a (4). Teplota oblouku určená z tohoto spektra mi vyšla $T = 6107,63$ K.

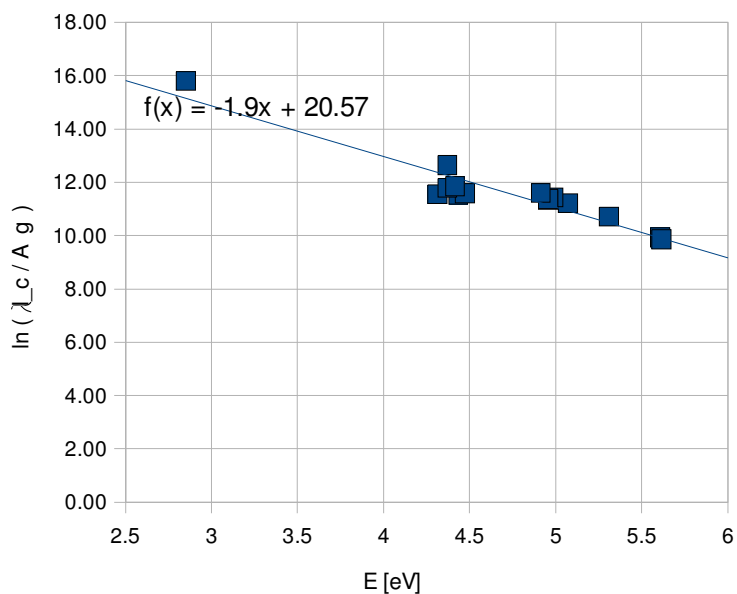
I_0 [AU]
2586.78
2584.94
2630.10
2562.78
2595.60
2589.64
2498.46
2528.67
2522.14

Tabulka 4: Určování intenzity pozadí spektra Fe.

λ [nm]	I [AU]	I_c [AU]	E_m [eV]	$A_{mn}g_{mn} \cdot 10^8$ [s ⁻¹]	$\ln(\lambda_c / A_{mn}g_m)$
429.41	7693	5123.73	4.37	0.71	12.64
429.92	7974	5404.73	5.31	5.20	10.71
430.79	16750	14180.73	4.43	5.90	11.55
431.51	5160	2590.73	5.07	1.50	11.22
432.58	17766	15196.73	4.47	6.10	11.59
438.35	20914	18344.73	4.31	7.70	11.56
440.48	15790	13220.73	4.37	4.40	11.79
441.51	11525	8955.73	4.42	2.80	11.86
442.73	4205	1635.73	2.85	0.01	15.81
444.23	4845	2275.73	4.99	1.10	11.43
445.91	4454	1884.73	4.96	1.00	11.34
446.66	4879	2309.73	5.61	5.03	9.93
447.60	4880	2310.73	5.61	5.40	9.86

Tabulka 5: Určení pyrometrické přímky spektra Fe.

Graf 2 - Určení pyrometrické přímky pro Fe



4. Závěr

Teplota spektra radikálu OH mi vyšla $T = 271,35$ K. Program Spectrum Analyzer určil tuto hodnotu na $T = 306,0$ K, tudíž se shodují pouze přibližně. Mohlo to způsobeno různými hodnotami použitých konstant a poměrně nízkým počtem proměřovaných čar.

Teplota spektra Fe mi vyšla $T = 6107,63$ K. Pro toto měření nebylo v programu Spectrum Analyzer možné tento výsledek zkontrolovat, protože v něm chybějí data pro většinu použitých spektrálních čar. Domnívám se však, že mnou určená teplota odpovídá očekávání a mohla by být určena správně.