

# FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

**Spracoval:** Vladimír Domček

**Namerané:** 11.3.2013

**Obor:** Astrofyzika    **Ročník:** II    **Semester:** III

**Testované:**

## Úloha č. 4:      Optické emisné spektrá atómov a molekúl

### 1. Zadanie

- Identifikujte spektrálne čiary emitované parami materiálu elektród v oblúkovom výboji a určite ich intenzitu
- Zo smernice pyrometrickej priamky určite teplotu
- Určte z nameraného molekulového spektra radikálu OH rotačnú teplotu

### 2. Teória

Podľa Plankovho vyžarovacího zákona vyžarujú telesá elektromagnetické žiarenie, ktoré vidíme hlavne pri vyšších teplotách. Časť tohto žiarenia sa nachádza vo viditeľnej časti spektra, väčšina žiarenia je však vyžiarená v infračervenej oblasti, prípadne v UV oblasti. Vyžarovanie je realizované kvantami energie s elementárnou veľkosťou  $h\nu$ . K tomuto žiareniu môže dochádzať spontánnym či stimulovaným prechodom elektrónov z vyšších energiových hladín na nižšie. Pri tomto prechode je vyžiarený fotón s energiou zodpovedajúcou práve energiovému rozdielu týchto dvoch hladín. V spektre častice je preto väčší počet spektrálnych čiar, ktoré sú dôsledkom prechodom elektrónu medzi hladinami. Jednou z metód štúdia vyžarovaných objektov je optická emisná spektroskopia.

V tejto úlohe budeme určovať teplotu elektrického oblúka. Pre intenzitu spektrálnej čiary platí:

$$I_{mn} = \frac{hc}{4\pi\lambda_{mn}} A_{mn} \frac{g_m}{\rho} e^{-\frac{E_m}{kT}} \quad (1)$$

kde  $E_m$  je excitačná energia hornej hladiny,  $A_{mn}$  je pravdepodobnosť prechodu z  $m$ -tej hladiny na  $n$ -tu,  $g_m$  je štatistická váha horného stavu,  $\rho$  je stavová suma,  $T$  je termodynamická teplota. Meraním sa dá určiť len relatívnu zmenu:

$$I_{mn} \sim \frac{A_{mn}g_m}{\lambda_m} e^{-\frac{E_m}{kT}} \quad (2)$$

Po úprave na získanie teploty nám zostáva zostrojiť závislosť:

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

Dostaneme priamku so smernicou  $a = -\frac{1}{kT}$  a následne aj teplotu  $T$ .

Rotačnú teplotu získame zo vzorca:

$$\ln \left( \frac{I_c}{S\nu^4} \right) = -\frac{B_\nu hc}{kT} \quad (4)$$

$$T = -\frac{B_\nu hc}{k \ln \left( \frac{I_c}{S\nu^4} \right)} \quad (5)$$

### 3. Meranie

#### 3.1. Použité konštanty

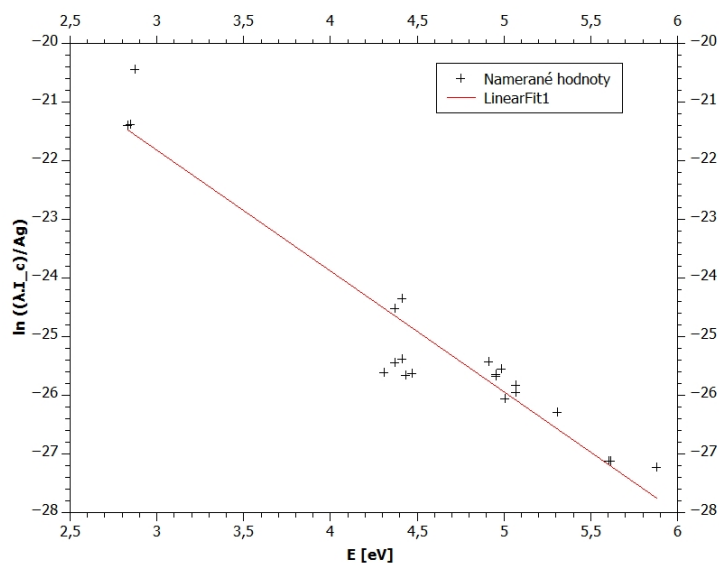
Boltzmanova konštanta:	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$
Planckova konštanta:	$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$
Rýchlosť svetla vo vakuu:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Rotačná konštanta:	$B_v = 1696,6 \text{ m}^{-1}$

#### 3.2. Fe

Hodnota pozadia:  $(2\,574 \pm 8)$

$\lambda$ [nm]	E [eV]	$A_{mn}g_m \cdot 10^8$ [ $s^{-1}$ ]	I [au]	$I_c$ [au]	$\ln(I_c\lambda/Ag)$
429,412	4,371	0,71	6300	3725,38	-24,516
429,923	5,308	5,2	7193	4618,38	-26,291
430,790	4,434	5,9	12317	9742,38	-25,669
431,508	5,07	1,5	4675	2100,38	-25,832
432,576	4,473	6,1	13020	10445,38	-25,629
433,705	4,415	0,23	3983	1408,38	-24,352
435,273	5,07	1	3805	1230,38	-25,953
436,977	5,882	2,2	3324	749,38	-27,233
437,593	2,832	0,0094	3672	1097,38	-21,395
438,354	4,312	7,7	15704	13129,37	-25,620
440,475	4,371	4,4	11400	8825,38	-25,452
441,512	4,415	2,8	8580	6005,38	-25,383
442,730	2,851	0,0099	3726	1151,37	-21,387
444,234	4,988	1,1	4551	1976,38	-25,554
444,772	5,009	1,1	3768	1193,38	-26,057
445,912	4,955	1	4150	1575,38	-25,682
446,655	5,606	5,3	4544	1969,38	-27,124
447,602	5,614	5,4	4585	2010,38	-27,120
448,217	2,875	0,0053	4146	1571,38	-20,439
449,458	4,955	1,22	4564	1989,38	-25,639
452,861	4,913	1,8	6138	3563,38	-25,438

Tab.1: Namerané intenzity (Fe)



Obr.1: Graf pyrometrickej priamky (Fe)

$$a_1 = (-2,1 \pm 0,1) \quad b_1 = (-15,6 \pm 0,7)$$

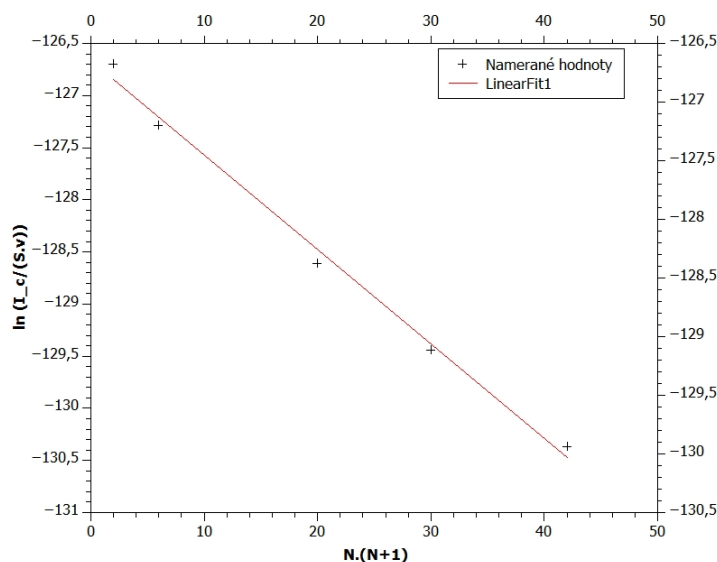
$$T_{Fe} = -\frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{ka_1} = (5528 \pm 276) \text{ K}$$

### 3.3. OH

Hodnota pozadia:  $(536 \pm 9)$

$\lambda$ [nm]	J	N	S	I [au]	$I_c$ [au]	$\nu \cdot 10^{14}$ [Hz]	ln	N.(N+1)
307,844	3,2	1	0,563	48711,67	48175,19	9,7452	-126,695	2
307,9951	5,2	2	1,065	50883,67	50347,19	9,7404	-127,286	6
308,3278	9,2	4	2,1	26852,33	26315,85	9,7299	-128,61	20
308,5196	11,2	5	2,64	14944,67	14408,19	9,7239	-129,438	30
308,7338	13,2	6	3,16	7323,00	6786,52	9,7171	-130,368	42

Tab.2: Namerané intenzity (OH)



Obr.2: Graf pyrometrickej priamky (OH)

$$a_2 = (-9,1 \pm 0,4)10^{-2} \quad b_2 = (-126,6 \pm 0,1)$$

$$T_{OH} = -\frac{B_v hc}{ka_2} = (269 \pm 11) \text{ K}$$

z programu spectral analyser:

$$T = 299 \text{ K}$$

## 4. Záver

Spočítali sme teplotu spektra železa a radikálu OH. Teplota železa nám vyšla:

$$T_{Fe} = (5528 \pm 276) \text{ K.}$$

Druhé spektrum ktoré sme analyzovali bol radikál OH. Tu nám teplota vyšla:

$$T_{OH} = (269 \pm 11) \text{ K}$$

Program Span určil teplotu na hodnotu:  $T = 299 \text{ K}$