

Fyzikální praktika 3

Molekulová spektra

Petr Šafařík

Zkompilováno: 11. května 2007 v systému L^AT_EX 2_ε

Abstrakt

Optická emisní spektroskopie patří mezi neinvazivní metody studia zářících objektů.

Aplikací optické emisní spektroskopie ve fyzice plazmatu lze zjistit například teplotu plynu či koncentraci částic. Při práci se spektrometrem nijak nezasahujeme do studovaného jevu, pouze snímáme intenzitu záření emitovaného studovaným objektem. Volné atomy vyzařují světlo ve formě kvant (podle Planckova zákona - kvantum energie je dáno vzorcem $E = \frac{hc}{\lambda}$ a odpovídá rozdílu energií mezi dvěma energetickými hladinami) stimulovanými nebo spontánními přechody elektronů v elektronovém obalu. Spektrum atomárního plynu je tvořeno množstvím spektrálních čar, kdy každá z nich odpovídá přechodu elektronu mezi dvěma přesně definovanými energetickými hladinami. Spektrum výboje s obsahem molekulárních plynů je tvořeno pásovými strukturami - spektrální pásy. Tyto pásy vzniknou vzájemným překryvem čar odpovídajících přechodům mezi energetickými hladinami, které jsou tvořeny elektronovými, vibračními a také rotačními příspěvky. Z intenzit spektrálních čar lze pak spočítat jednotlivé teploty: excitační, vibrační i rotační.

1 Zadání

- Určete z naměřeného molekulového spektra radikálu OH rotační teplotu

2 Měření

2.1 Spektrum radikálu OH

Průměrná hodnota intenzity pozadí je rovna $I_B = (370 \pm 10)$. Získal jsem ji jako průměr z několika hodnot, které jsou uvedeny v tabulce (1).

Teplotu získám ze vzorce (1) vyjádřením teploty T :

$$\ln\left(\frac{I_c}{S\nu^4}\right) = -\frac{B_v hc}{kT} \quad (1)$$
$$T = -\frac{B_v hc}{k \ln\left(\frac{I_c}{S\nu^4}\right)}$$

Teplotu T získám jako směrnici pyrometrické přímky (na obrázku (1)).

Hodnota jednotlivé konstanty jsou rovny:

$$B_v = 1696,6 \text{ m}^{-1}$$

$$k \dots \text{ Boltzmannova konstanta} \Rightarrow k = 1,3806 \cdot 10^{-23}$$

$$h \dots \text{ Planckova konstanta} \Rightarrow h = 6,626 \cdot 10^{-34}$$

$$c \dots \text{ Rychlost světla ve vakuu} \Rightarrow c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$T \dots$ Hledaná teplota plynu

Výstup z lineárního fitu (obrázek (1)):

Linear Regression for Data3_lny:

$$Y = A + B * X$$

Parameter Value Error

A -21,36578 0,05166

B -0,03854 0,00207

Je vidět, že:

$$-\frac{B_v hc}{kT} = -0,03854$$

$$-\frac{B_v hc}{-0,03854 \cdot k} = T$$

$$T = (320 \pm 10) \text{ K}$$

V programu Spectrum Analyzer byla teplota spočtena na

$$T = 304 \text{ K}$$

2.2 Spektrum Fe

Průměrná hodnota intenzity pozadí je rovna $I_B = (2780 \pm 20)$. Získal jsem ji jako průměr z několika hodnot, které jsou uvedeny v tabulce (3).

Směrnice proložené přímkou je rovna $-\frac{1}{kT}$. Směrnici jsem nafitoval následovně:

```
Linear Regression for Data2_ln:
```

```
Y = A + B * X
```

```
Parameter Value Error
```

```
A 20,06232 0,28248
```

```
B -1,88225 0,06034
```

Je tedy vidět, že

$$B = -\frac{1}{kT} \Rightarrow T = -\frac{1}{Bk}$$

kde B je hodnota parametru B v lineárním fitu (viz o kousek výše a také na obrázku (3)).

$$T = \frac{1}{-1,88225 \cdot 1,38E-23} \cdot 1,602E-19 = 6166$$

$$T = (6200 \pm 200) \text{ K}$$

3 Závěr

Spočetl jsem teploty spektra železa a radikálu OH. Teplota spočtená ze spektra OH, který jsem analyzoval já, byla určena na hodnotu $T = (320 \pm 10) \text{ K}$. Tato hodnota se moc neliší od teploty určené programem spectrum analyzer. Druhé spektrum, které jsem analyzoval, bylo spektrum železa. Zde mi vyšla hodnota $T = (6200 \pm 200) \text{ K}$.

4 Dodatky

Reference

- [1] Petr Vašina, Tomáš Hoder: Molekulová spektra , KFE PŘF MU, Brno
<ftp://ftp.muni.cz/pub/muni.cz/physics/education/textbook/praktikum3.pdf>
- [2] Origin 7.0 SR0 v7.0220(B220) — <http://www.OriginLab.com>
- [3] GNU Octave, version 2.1.72 (i486-pc-linux-gnu)

Tabulka 1: Hodnoty záření pozadí pro radikál OH

1	355,48
2	375,82
3	380,90
4	350,39
5	365,65
6	385,98
7	375,82

Tabulka 2: Tabulka obsahuje tabelované hodnoty pro jednotlivé čáry (λ , J , N a S) a dále pak intenzitu I a intenzitu opravenou o pozadí I_c .

λ	J	N	S	I	I_c	ν	$\ln\left(\frac{I_c}{S\nu^4}\right)$	$N \cdot (N + 1)$
307,844	3/2	1	0,563	27212,32	26842,32	3,2484E6	-21,36837	2
307,9951	5/2	2	1,065	28037,48	27667,48	3,24681E6	-21,6312	6
308,3278	9/2	4	2,1	14942,26	14572,26	3,2433E6	-22,20264	20
308,4894	11/2	5	2,64	8647,93	8277,93	3,2416E6	-22,54672	30
308,7481	13/2	6	3,16	4417,81	4047,81	3,23889E6	-22,93405	42

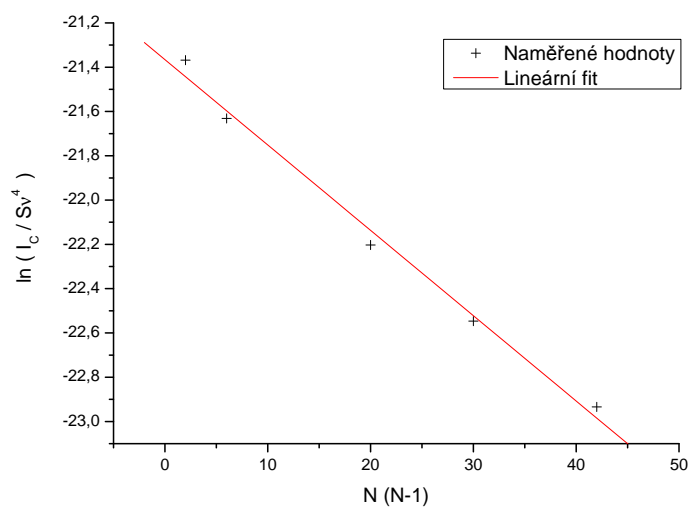
Tabulka 3: Hodnoty záření pozadí pro Fe

1	2808
2	2773
3	2811
4	2770
5	2739
6	2790
7	2702
8	2836

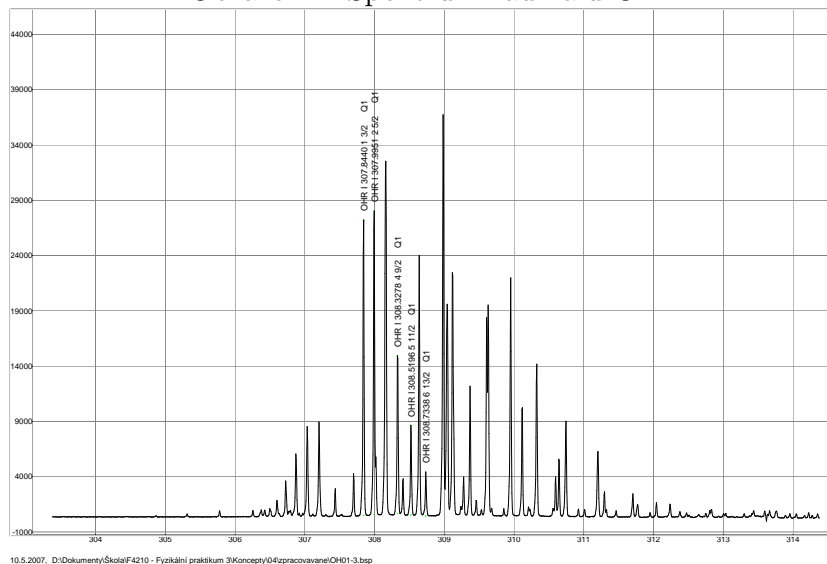
Tabulka 4:

λ	E (eV)	$A_{mm,gm} \cdot 10^8$ [s ⁻¹]	I	I_c	\log
429,413	4,371	0,71	6134,92	3354,92	6,3073
429,924	5,308	5,2	7014,17	4234,17	5,54416
430,791	4,434	5,9	12247,82	9467,82	5,83966
431,509	5,07	1,5	4460,15	1680,15	5,68425
432,576	4,473	6,1	12554,86	9774,86	5,84084
433,705	4,415	0,23	3985,64	1205,64	6,35668
435,274	5,07	1	3678,6	898,6	5,59233
436,977	5,882	2,2	3231,99	451,99	4,95316
437,593	2,832	0,0094	3832,12	1052,12	7,69001
438,357	4,312	7,7	15504,28	12724,28	5,85997
440,475	4,371	4,4	11744,6	8964,6	5,953
441,512	4,415	2,8	8367,16	5587,16	5,94498
442,731	2,851	0,0099	3191,18	411,18	7,26454
444,234	4,988	1,1	4529,15	1749,15	5,84905
444,32	5,647	1,9	—	—	—
444,772	5,009	1,1	3775,51	995,51	5,60479
445,912	4,955	1	3747,59	967,59	5,63494
446,165	2,865	0,0052	—	—	—
446,655	5,606	5,3	4375,63	1595,63	5,12863
447,602	5,614	5,4	4473,33	1693,33	5,14724
448,217	2,875	0,0053	4208,16	1428,16	8,08199
449,457	4,955	1,22	4501,24	1721,24	5,80217
452,862	4,913	1,8	5924,79	3144,79	5,89829

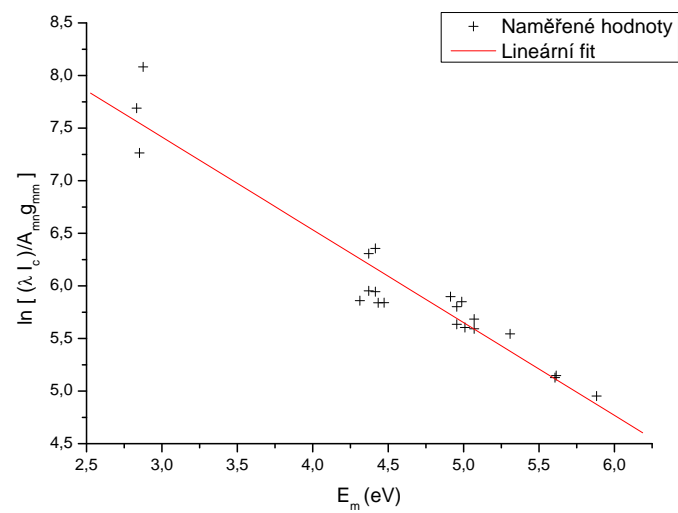
Obrázek 1: Lineární fit pyrometrické přímky pro OH radikál



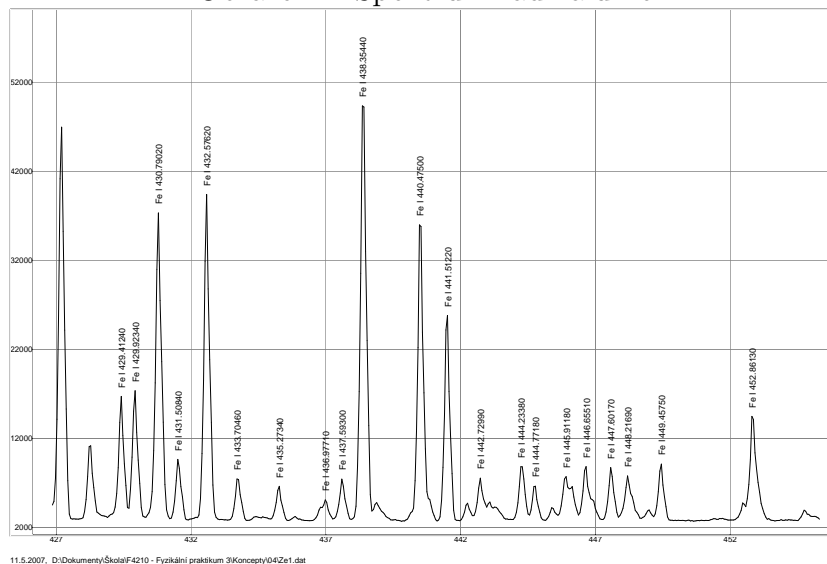
Obrázek 2: Spektrum radikálu OH



Obrázek 3: Lineární fit pyrometrické přímky pro Fe



Obrázek 4: Spektrum radikálu Fe



11.5.2007, D:\Dokumenty\Skolaf\F4210 - Fyzikální praktikum 3\Koncepty\042e1.dat