

# FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

## Fyzikální praktikum 3

**Zpracoval:** Jakub Juránek

**Naměřeno:** 27. únor 2013

**Obor:** UF    **Ročník:** II    **Semestr:** IV

**Testováno:**

### Úloha č. 4:      Optická emisní spektra atomů a molekul

#### 1. Teorie

##### 1.1. Určení teploty oblouku ze sklonu pyrometrické přímky

Pro intenzitu spektrální čáry vlnové délky  $\lambda_{mn}$ , která vzniká přechodem elektronu z  $m$ -té horní hladiny o energii  $E_m$  na  $n$ -tou dolní hladinu s energií  $E_n$ , platí

$$I_{mn} = \frac{hc}{4\pi\lambda_{mn}} \cdot A_{mn} \frac{g_m}{\sigma} \cdot e^{-\frac{E_m}{kT}}$$

kde  $E_m$  je excitační energie horní hladiny,  $A_{mn}$  je pravděpodobnost přechodu s  $m$ -té hladiny na  $n$ -tou hladinu,  $g_m$  je statistická váha horního energetického stavu,  $\sigma$  je stavová suma,  $h$  je Planckova konstanta,  $c$  je rychlost světla,  $k$  je Boltzmannova konstanta a  $T$  je absolutní teplota zářící látky při termodynamické rovnováze.

Pyrometrickou přímkou rozumíme závislost

$$f(E_m) = A \cdot E_m + B = \ln \left( \frac{I_{mn}\lambda_{mn}}{A_{mn}g_m} \right)$$

Její směrnice  $A = -\frac{1}{kT}$ , tedy pro teplotu a její nejistotu platí

$$T = -\frac{1}{kA} \quad u(T) = \frac{1}{kA^2}u(A)$$

##### 1.2. Určení rotační teploty radiálu OH z naměřeného molekulového spektra

Pro určení rotační teploty radiálu OH užitíme směrnice této pyrometrické přímky pro  $N'(N'+1)$

$$\ln \frac{I_{n''v''J''}^{n'v'J'}}{\tilde{\nu}^4 S_{J'J''}} = -\frac{B_{v'}hc}{kT} N'(N'+1) + konst = A \cdot N'(N'+1) + konst$$

kde  $I_{n''v''J''}^{n'v'J'}$  je intenzita spektrální čáry,  $B_{v'}$  je rotační konstanta pro horní vibrační stav,  $N'$  je rotační kvantové číslo horního stavu,  $\tilde{\nu}$  je vlnčet uvažované rotační čáry,  $S_{J'J''}$  je Hönl-Londonův faktor daného přechodu,  $k$  je Boltzmannova konstanta,  $h$  Planckova konstanta,  $c$  rychlost světla a  $T$  je hledaná teplota.

Vlnčet  $\tilde{\nu}$  spočteme z vlnové délky jako

$$\tilde{\nu} = \frac{c}{\lambda}$$

kde  $\lambda$  je vlnová uvažované rotační čáry.

Pro teplotu a její nejistotu platí

$$T = -\frac{B_{v'}hc}{kA} \quad u(T) = \frac{B_{v'}hc}{kA^2}u(A)$$

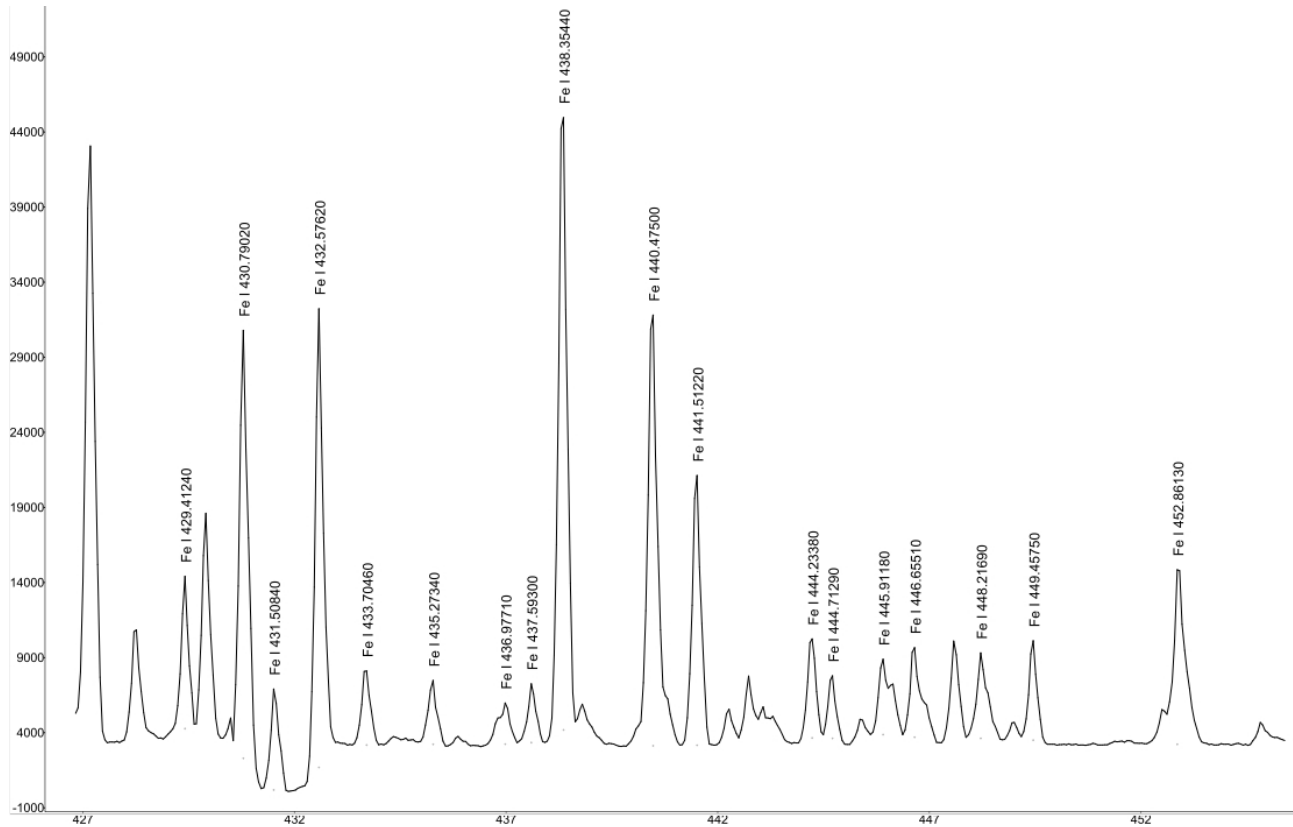
## 2. Zpracování dat

Budeme zpracovávat naměřená data označená číslem 4.

### 2.1. Určení teploty oblouku ze sklonu pyrometrické přímky

Identifikujeme jednotlivé spektrální čáry dle uvedených vlnových delek v programu Spectrum Analyzer 1.7.

Vliv záření pozadí odstraníme posunutím celé závislosti intenzitně dolů tak, aby nejnižší bod odpovídal nule.

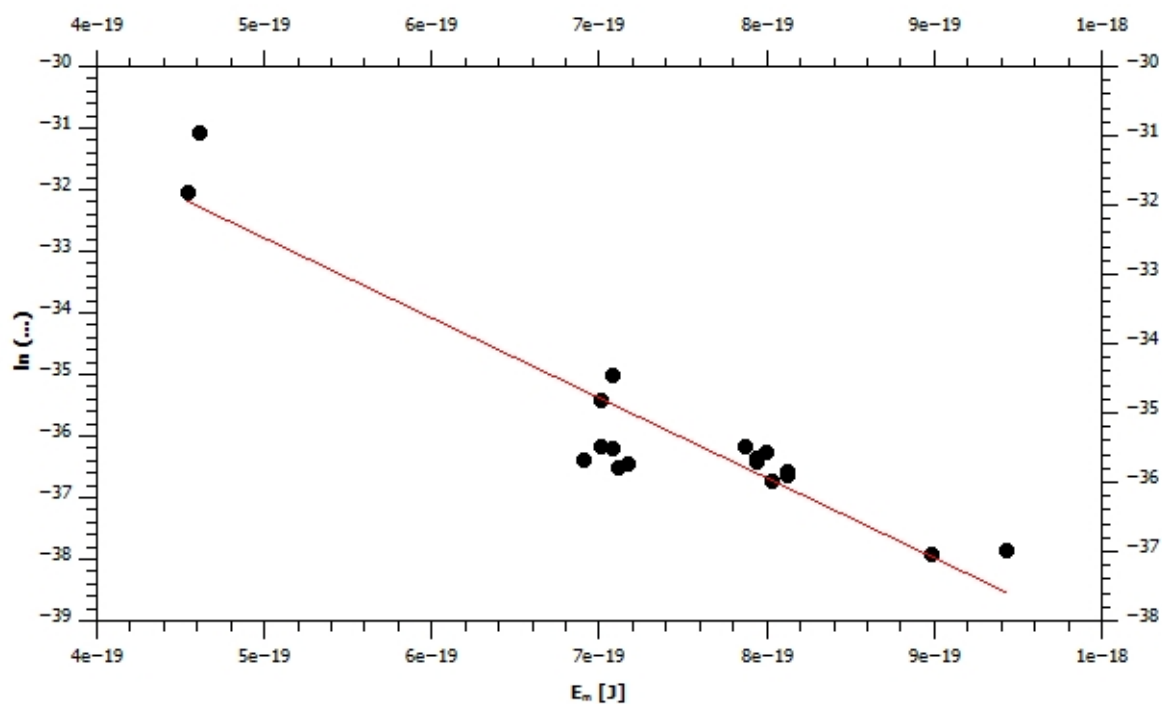


Integrací dostaneme celkovou intenzitu

$$I_c = 146877 \text{ a.u.}$$

$\lambda_{mn}[\text{nm}]$	$E_m[\text{eV}]$	$A_{mn}g_m \cdot 10^8[\text{s}^{-1}]$	$I[\text{a.u.}]$	$I_{mn}$
429,413	4,371	0,71	10139	0,069
430,791	4,434	5,9	28483	0,194
431,509	5,07	1,5	6714	0,046
432,576	4,473	6,1	30535	0,208
433,705	4,415	0,23	4925	0,034
435,274	5,07	1	4252	0,029
436,977	5,882	2,2	2738	0,019
437,593	2,832	0,0094	3913	0,027
438,357	4,312	7,7	40764	0,278
440,475	4,371	4,4	28675	0,195
441,512	4,415	2,8	17952	0,122
444,234	4,988	1,1	6587	0,045
444,772	5,009	1,1	4163	0,028
445,912	4,955	1	5010	0,034
446,655	5,606	5,3	5967	0,041
448,217	2,875	0,0053	5680	0,039
449,457	4,955	1,22	6612	0,045
452,862	4,913	1,8	11621	0,079

Sestrojíme pyrometrickou přímku a dopočteme teplotu.



$$A = (-1,3 \pm 0,2) \cdot 10^{19} \text{ J}^{-1}$$

$$T_{Fe} = (5600 \pm 600) \text{ K}$$

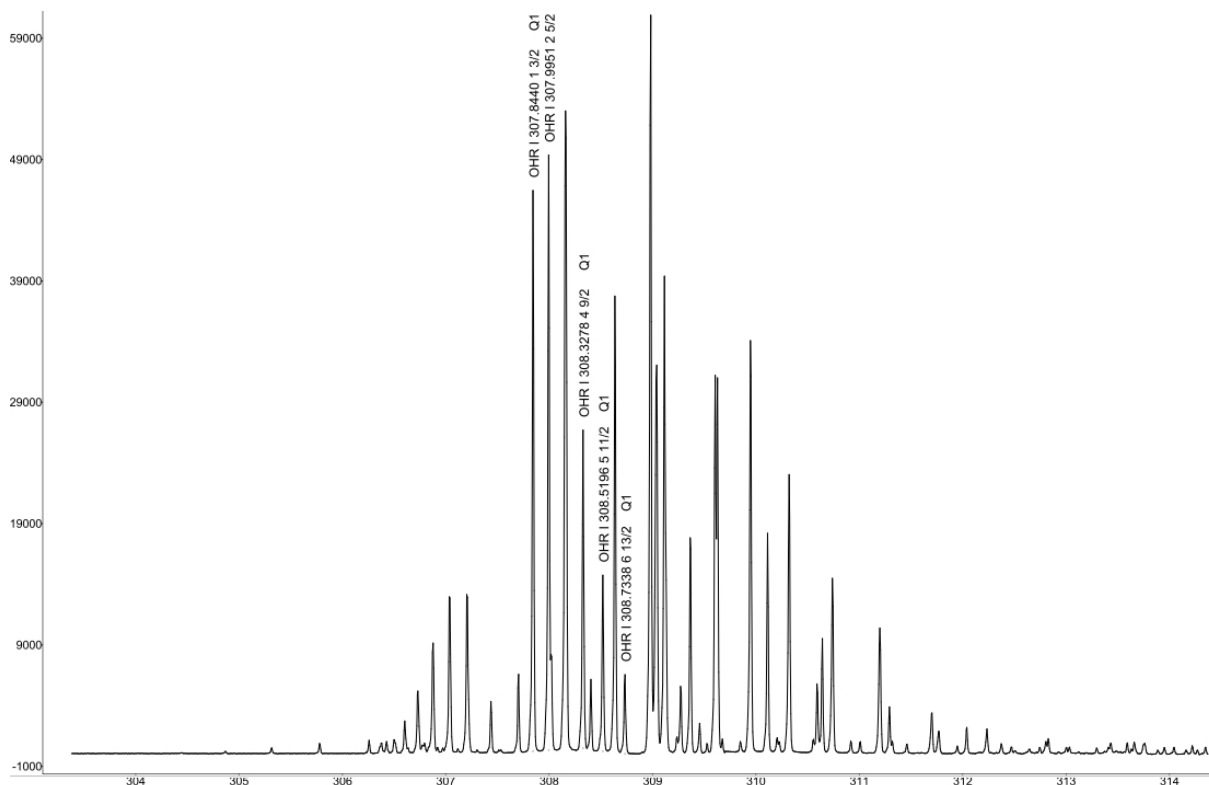
Teplotu můžeme určit i programem.

$$T'_{Fe} = (3100 \pm 900) \text{ K}$$

## 2.2. Určení rotační teploty radiálu OH z naměřeného molekulového spektra

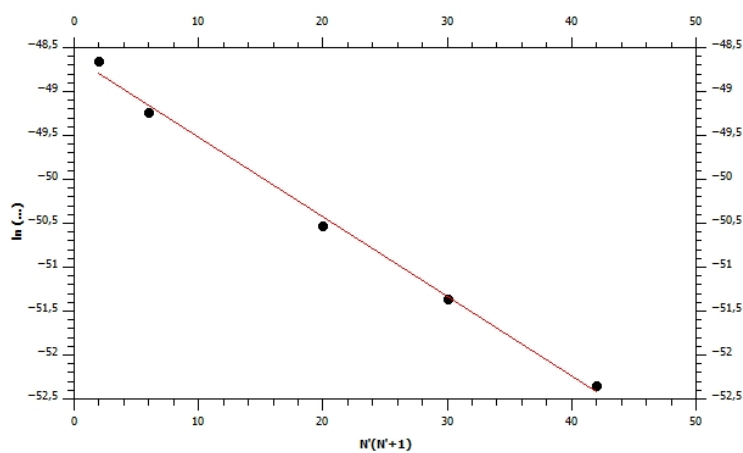
Nejprve provedeme simulaci v programu Lifbase 2.1.1., což nám umožní identifikovat jednotlivé spektrální čáry.

Identifikaci a odstranění vlivu pozadí provedeme stejně jako v minulém případě.



$N'$	$S$	$\lambda$ [nm]	$I$ [a.u.]
1	0,563	307,843	46225
2	1,065	307,996	49052
4	2,100	308,326	26259
5	2,640	308,512	14481
6	3,160	308,733	6452

Opět sestrojíme pyrometrickou přímku a dopočteme teplotu.



$$A = (-91 \pm 4) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{OH} = (270 \pm 20) \text{ K}$$

Teplotu můžeme opět určit i programem.

$$T'_{OH} = (301 \pm 20) \text{ K}$$

### 3. Závěr

Provedli jsme analýzu spektrálních závislostí záření železného oblouku a radikálu OH.

Velkým problémem byl používaný program Spectrum Analyzer 1.7., kterému neexistuje dostatečný návod.

V části se železem byl navíc problém správně určit vlnové délky spektrálních čar, neboť nebylo od čeho se odpíchnout. I toto může být příčinou, proč se teploty získané různými způsoby tolik liší.

V části s radiálem OH nám teploty vyšli dosti podobně, dle nich můžeme odhadnout, že měření probíhalo při pokojové teplotě.