

# Čárové kódy molekul a atomů aneb jak určit složení podle barev

Jan Holub

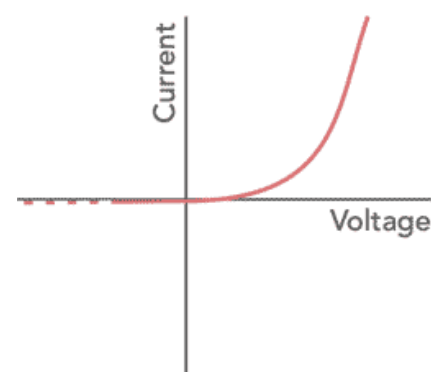
Wichterlovo Gymnázium  
Čs. Exilu 669 Ostrava-Poruba

## Abstrakt:

V tomto miniprojektu jsem se zabýval atomovými emisními spektry. Měřený vzorek byl plyn obsažený v neonové lampě, tudíž původní předpoklad byl, že se jedná o čistý neon. Měření probíhalo na vlastním sestaveném difraktu, kde probíhal ohyb světla vycházejícího z lampy, jednotlivé složky rozdělené podle vlnových délek byly poté analyzovány a výsledky analýzy potvrdily původní hypotézu, jedná se o čistý neon.

## 1. Úvod

Neonová lampa funguje pomocí doutnavého výboje v plynu. Tento princip svícení je v dnešní době velmi populární, využívá se v zářivkách a výbojkách. Jedná se o dlouhé úzké trubice obsahující plyn, který slouží jako zdroj světla. Světlo je vlastně vnější projev vedení elektrického proudu v plynu. Konstrukce zářivky je podobná jako konstrukce elektrolyzéry, obsahuje dvě elektrody (katodu a anodu) a vodivé médium (plyn). Na elektrodách bývá z pravidla vysoké napětí (v řádech desítek kV), takové hodnoty jsou nutné pro udržení plynu v ionizovaném stavu, protože při nízkých hodnotách napětí by se plyn neionizoval samovolně a nebyl by elektricky vodivý. Napětí, při kterém se plyn ionizuje samovolně nazýváme zápalné napětí.



Obrázek 1: Závislost prošlého proudu plynem na napětí.

Ionizace plynu probíhá tak, že atom nebo molekula uvolní ze svého elektronového obalu elektron. Tento děj nazýváme elektromagnetická emise. Nemusí se nutně jednat o elektron valenční vrstvy, elektron se může uvolnit i z vnitřních vrstev. Stane-li se tak, uvolní se energeticky nižší elektronová hladina pro elektrony z energeticky vyšších hladin a t pak mohou volné místo zaplnit. Při přechodu elektronu mezi hladinami se uvolní energie ve formě elektromagnetického záření. Při specifických přechodech se záření uvolňuje s vlnovou délkou ve viditelné oblasti. My pak vidíme, že plyn v zářivce svítí.

## 2 Emisní spektra

Hodnoty energií jednotlivých elektronových hladin atomů a molekul nejsou pro všechny látky stejné, každá látka má vlastní specifické energie. Tento fakt nám umožňuje analyzovat látky pomocí vyzářeného spektra světla. Jednotlivé vlnové délky uvolněné při přechodech se dají teoreticky vypočítat z Rydbergovy rovnice. Podle rovnice pro neon vychází specifické hodnoty emisních vlnových délek 656,1 nm (tmavě oranžová); 587 nm (žlutá); 433,9 nm (fialová) ; 410 nm (fialová).

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

Obrázek 2: Rydbergova rovnice (R - Rydbergova konstanta,  $n_f$  - hladina do které elektro přešel,  $n_i$  - původní hladina)

### 3 Průběh měření

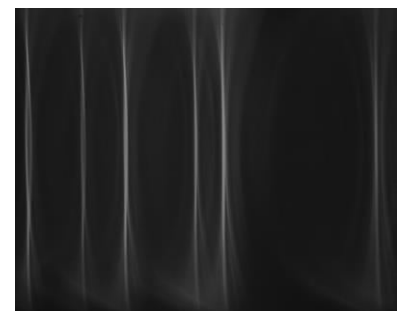
Pro měření jednotlivých vyzářených vlnových délek jsem sestavil difraktor světla. Při sestavování jsem použil mikroskop (zvětšení 200, 3,7 cm od lampy), plastovou slitku (šířka štěrbin 50  $\mu$ m, 3,5 cm od mikroskopu), spojnou čočku (ohnisková vzdálenost 15 cm, 18 cm od slitky), difrakční destičku (1200 vřipů/mm, 18,5 cm od spojné čočky) a spektrometr THORLABS CCS200/M střídaný s kamerou Grasshopper3 GS3-PGE-

9156M (rozlišení 1920 x 1200).

Mikroskop usměrňuje paprsky vyzářené z lampy na slitku se štěrbinou, přes kterou prochází úzký pruh světla o stejné tloušťce. Pruh světla poté prochází čočkou a vzniká z něj sbíhavý svazek paprsků. Při dopadu na desku dochází k ohybu, jehož úhel je závislý na vlnové délce, tudíž dochází k rozdělení jednotlivých vyzářených vlnových délek obsažených ve světle lampy. Jednotlivé vlnové délky se pak zobrazovaly na jiných pozicích, do kterých se stavěla kamera a spektrometr. Kamera sloužila k přesnému zaměření pro daný paprsek a spektrometrem byla poté změřena intenzita a vlnová délka odděleného světla



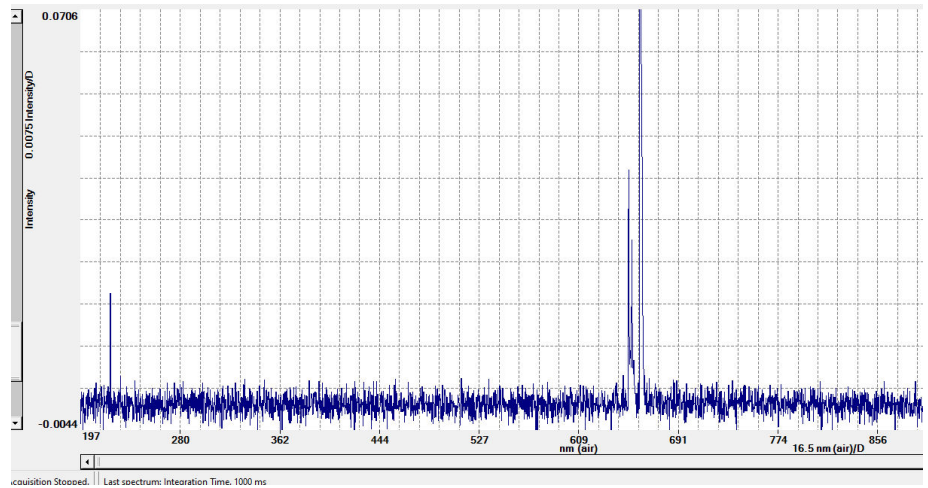
Obrázek 3: postavený difraktor (1 - neonová lampa, 2 - mikroskop, 3 - slitka, 4 - čočka, 5 - difrakční deska, 6 - kamera)



Obrázek 4: kamerou zaměřené jednotlivé vlnové délky (oblast 600 - 550 nm)

### 4 Výsledky měření

Nejprve bylo změřeno samotné světlo z lampy jakožto standart. Poté se měřily jednotlivé světelné pásy pomocí kamery, byla snaha získat co nejmenší čáru. Po dostatečném zaměření se kamera vyměnila za spektrometr a změřily se jednotlivé intenzity a vlnové délky pásů. Naměřené výsledky většinou odpovídají



teoretickým hodnotám.

Obrázek 4: diagram intenzity a vlnové délky emitovaného světla (vlnová délka 656 nm o intenzitě 0,0708)

## 5 Shrnutí

Pomocí difraktorů emitovaného světla se dá poměrně přesně určit látka a její koncentrace ve vzorku. Tato metoda se osvědčila jako přesná analytická metoda.

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat Janu Hřebíčkoví za ochotu a pomoc při práci.

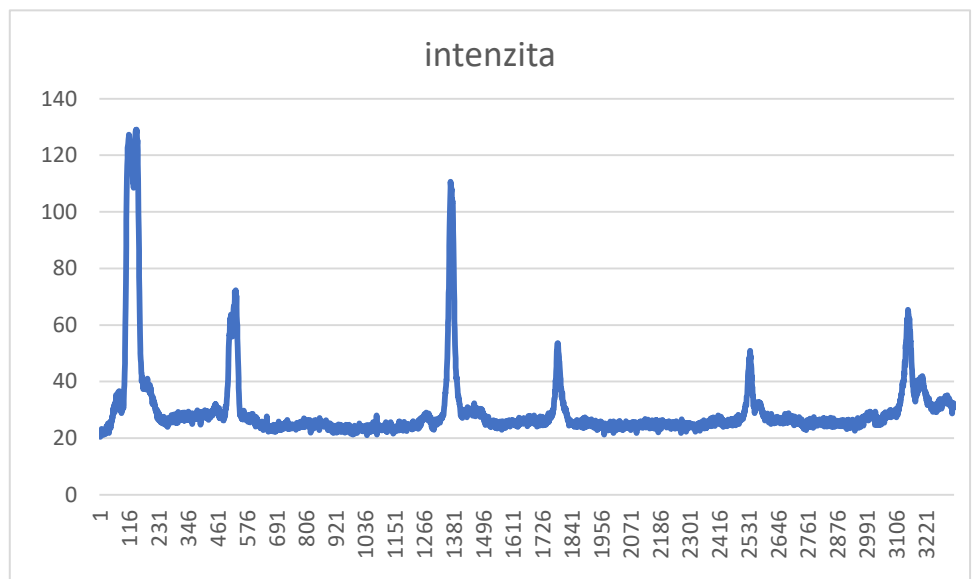
## Reference

[1] H. J. Greenberg. *A Simplified Introduction to LATEX*.

<https://mirrors.nic.cz/te/xarchive/info/simplified-latex/simplified-intro.pdf>, 2010.

[2] Finite-element analysis of the effect of sheath-gas composition in an inductively-coupled plasma - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Electrical-conductivity-of-argon-and-hydrogen-gas-as-a-function-of-temperature-14\\_fig1\\_328037170](https://www.researchgate.net/figure/Electrical-conductivity-of-argon-and-hydrogen-gas-as-a-function-of-temperature-14_fig1_328037170) [accessed 20 Jun, 2023]

[3] \_\_\_\_\_ Ohm's Law. (n.d.). Advanced Learning App Shiken. <https://shiken.ai/physics/ohms-law>



Obrázek 5: graf intenzit světla na kameře podle pixelů.

[4] Contributors to Wikimedia projects. (2003). *Rydberg constant* - *Wikipedia* [Image]. Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Rydberg\\_constant](https://en.wikipedia.org/wiki/Rydberg_constant)