

# Atomová absorpční spektroskopie

Petr Adamec --- Filip Plášil --- Jaromír Polák  
G Jaroslava Heyrovského, Praha --- G Chomutov, Chomutov ---  
Střední průmyslová škola elektrotechnická Brno  
adamec.petr@gympl.com --- plasanen@seznam.cz ---  
x-polak@seznam.cz

## Abstrakt:

Atomová absorpční spektroskopie je technika umožňující na základě měření pohlcování světla určit koncentraci určitého prvku ve vzorku. Touto metodou jsme zjišťovali zbytkový obsah kationů kadmia  $\text{Cd}^{2+}$  v roztoku po ozáření částicovým urychlovačem.

## 1 Úvod

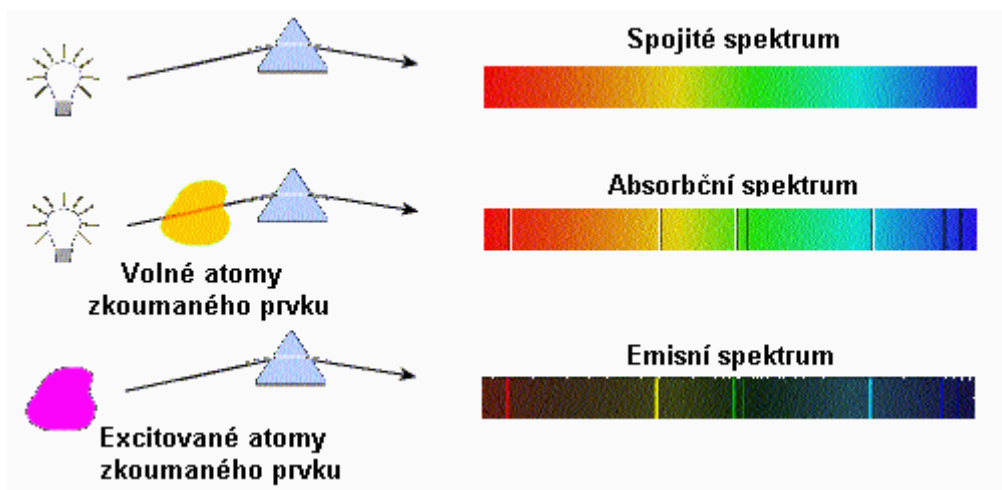
Jedním z právě probíhajících projektů na FJFI je i zkoumání možnosti čistit odpadní vody z průmyslových komplexů pomocí ionizujícího záření. Tyto vody bývají znečištěny řadou těžkých prvků, jako je **kadmium či olovo**, které se konvenčními metodami odbourávají jen velmi těžko. Řešením by bylo objevit způsob jak tyto kovy přeměnit z jejich kationů, které se velmi dobře rozpouštějí, na nerozpustnou metalickou formu odstranitelnou prostou filtrací či odstředěním. Při použití ozáření se voda rozkládá na **OH radikály** (které jsou v dalším procesu nežádoucí a jsou odstraňovány například mravenčanem sodným) a **solvatované elektrony**, které dokáží účinně redukovat obsažené kovy.

Naším úkolem v tomto projektu bylo určit závislost obsahu dosud neredukovaných kationů  $\text{Cd}^{2+}$  v roztoku v závislosti na velikosti dávky záření.

## 2 Princip měření

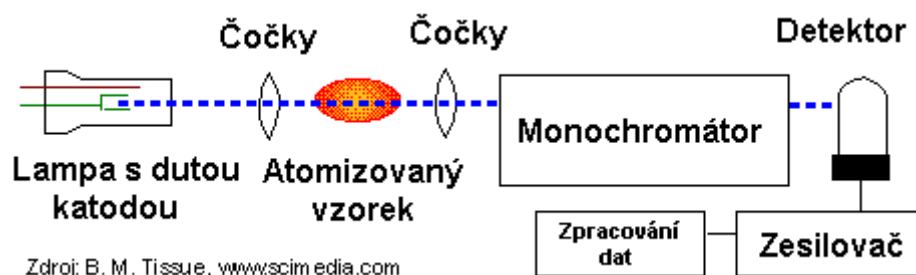
Pro získání příslušných údajů jsme použili metodu atomové absorpční spektroskopie (dále AAS), poprvé použité doktorem **Alanem Walshem** v roce 1953. Ten navázal na výzkumy Wollstona z roku 1802, který zkoumal barevné spektrum slunečního světla a povšiml si tmavých čar na určitých místech. V pozdějších letech se touto problematikou zabýval také Fraunhofer a Kirchhoff. Tato metoda je využívána v širokém spektru odvětví, neboť umožňuje jednoduše, levně a rychle určit množství určitého prvku ve vzorku.

Základním kamenem je poznatek, že atomy různých prvků pohlcují různé vlnové délky světla a to úměrně množství, ve kterém jsou zastoupeny. Názorně to lze vidět na následujícím obrázku:



V prvním případě není paprsku do cesty kladena žádná překážka a po průchodu hranolem se rozkládá na úplné a **spojité spektrum** barev. Když však dáme paprsku do cesty zkoumaný vzorek, budou atomy v něm obsažené pohlcovat vždy určitou specifickou složku světla, což se na výsledném spektru projeví tmavšími čarami – vzniká **absorpční spektrum**. Naproti tomu, pokud je vzorek sám zdrojem záření, například v důsledku přechodů jeho atomů z excitovaných stavů zpět do základních, objeví barevné čáry přesně v místech, která při absorpci byla černá – to je nazýváno **emisní spektrum**.

Přístroje sloužící pro měření obsahu daného prvku ve vzorku pouze vyberou ze spektra příslušnou oblast, na které pak sledují změnu intenzity světla. Blokové schéma je níže:



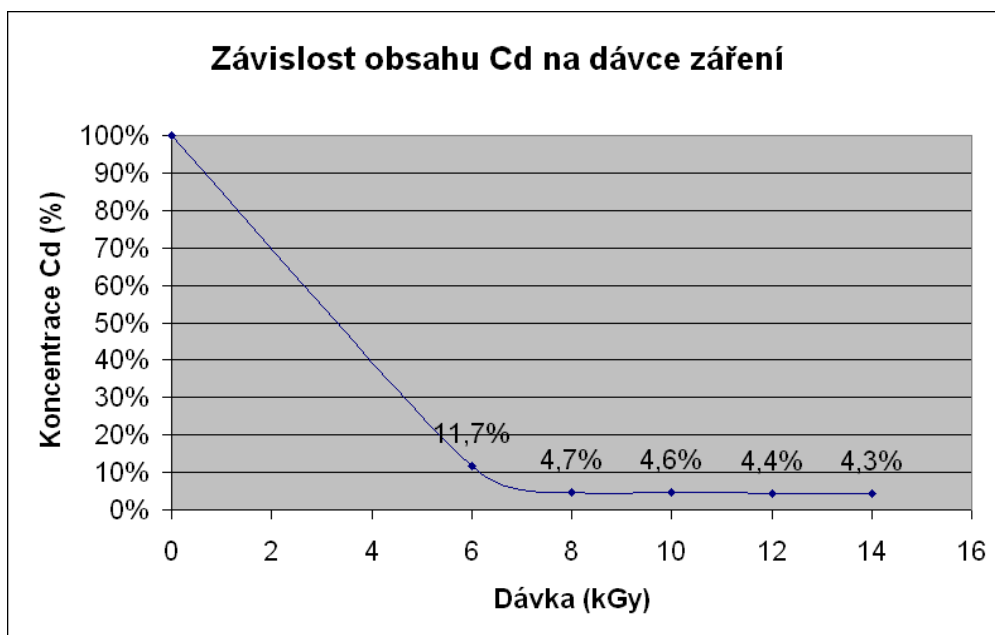
Z důvodu větší přesnosti se v moderních přístrojích nepoužívá světelný zdroj vyzařující celé spektrum barev, ale pouze **speciální lampa** s dutou katodou, ve které je obsažen stejný prvek, jaký má být měřen. Elektrickým proudem se zde excituje argon, jehož molekuly po nárazu na daný prvek vyvolají i jeho excitaci. Při návratu do základního stavu je pak vyslán světelný paprsek o přesně dané vlnové délce. V našem případě, tedy při měření obsahu kadmia, je to  $\lambda = 228.8 \text{ nm}$ . Paprsek pak prochází soustavou zaostřovacích čoček a skrz rozptýlené atomy vzorku. Ty je možno vytvářet různými způsoby, ale jako nejefektivnější se jeví rozklad v plynovém hořáku. Vzorek v roztoku je nejdříve rozprášen **nebulizátorem** na aerosol, který je pod tlakem nasáván do hořáku. Zde je se vzrůstající teplotou nejprve vysušen, zplynován a nakonec **atomizován**. V praxi je používán plamen acetylen-vzduch, který dosahuje teploty 2500 K, nebo acetylen-oxid dusný, který dosahuje 3000 K. Dále paprsek prochází tzv. **monochromátorem**, což je soustava čoček a zrcadel umožňující vybrat příslušnou část spektra. V následném **detektoru** je změřena jeho intenzita a zpracována analogovou a dnes především digitální technikou.



Na FJFI je výše popsáný přístroj zastoupen typem **SpectrAA-200** od firmy Varian. Jedná se o poloautomat s počítačovým zpracováním. Před samotným měřením je pouze nutné nastavit typ měření a zkoumaný prvek, optimalizovat celou soustavu pro maximální přesnost (poloha lamp a hořáku) a provést kalibraci na vzorcích se známou koncentrací. Počítač sám vypočte křivku pro převod množství zachyceného světla na koncentraci. Následně je nutné dodávat zkoumané vzorky na vyžádání obslužného programu, který provede příslušné měření a výsledek zapíše do tabulky. Vzhledem k nestabilitě některých částí je někdy zapotřebí v průběhu měření znovu recalibrovat. Při dodržení všech zásad by měla být přesnost při tomto konkrétním měření (tedy prvek Cd a metoda atomizace plamenem) **0,0022 mg/ml**.

### 3 Výsledky

Vzorky použité při tomto měření byly ozářeny dávkami 0, 6, 8, 10, 12 a 14 kGy a koncentrace v každém z nich byla z důvodu minimalizace chyb měření stanovena dvakrát. Po zprůměrování obou hodnot a zanesení do grafu jsme dospěli k následujícímu výsledku.



Jak je vidět, klesá množství obsaženého kadmia velmi prudce až přibližně k **8 kGy**, pak je úbytek již minimální. Pro přesnější výsledky by bylo nutno použít více vzorků, hlavně

v oblasti s nižší dávkou záření. I tak je však evidentní, že ozáření vyšší dávkou než je **8 kGy** nemá prakticky smysl, protože rozdíl koncentrací je zde již minimální.

## 4 Shrnutí

Použití metody AAS pro určování výsledků této aplikace se jeví jako **optimální**, a to jak z hlediska ceny a náročnosti, tak i přesnosti. Naproti tomu celkový projekt na odstraňování těžkých kovů z odpadních vod dnes naráží na **řadu obtíží**, především ekonomického charakteru. Nicméně vzhledem k velmi rychlému rozvoji vědy v oblasti urychlovačů by mohlo být za několik let možné podobné záměry realizovat v praxi.

## Poděkování

Naše díky patří Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT, našim supervisorům Jiřímu Dolanskému, prom. chem., CSc a Ing. Barboře Drtinové. Dále pak sponzorům: Nadačnímu fondu teoretické fyziky a Energetické skupině ČEZ. A všem, kteří nám s projektem pomáhali.

## Reference:

- [1] [http://www.chemistry.nmsu.edu/Instrumentation/AAS\\_Walsh.html](http://www.chemistry.nmsu.edu/Instrumentation/AAS_Walsh.html)
- [2] [www.publish.csiro.au/?act=view\\_file&file\\_id=HR9800510129.pdf](http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=HR9800510129.pdf)
- [3] [http://godseye.com/wiki/index.php?title=Atomic\\_absorption\\_spectroscopy](http://godseye.com/wiki/index.php?title=Atomic_absorption_spectroscopy)
- [4] <http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/spec/atomic/aa.htm>
- [5] <http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/aa/aa.html>
- [6] <http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/light/absorption.html>