

Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu

V. Houdek, A. Halama, P. Halama
HOUDEKVASEK@seznam.cz, Ales.13@seznam.cz,
pajahalama@seznam.cz
Gymnázium Plasy Stará cesta 363
info@gsplasy.cz

Abstrakt:

Cílem miniprojektu bylo seznámit se s metodou zjišťování přítomnosti uranylových iontů v roztocích. K tomuto jsme používali metodu časově rozlišené laserem indukované fluorescence. Budícím zařízením byla laserová aparatura, která se skládala z laseru a optických prvků měnící vlnovou délku: dvou nelineárních krystalů, které mění spolu s OPO (optickým parametrickým oscilátorem) vlnovou délku na námi stanovené hodnoty. Následně byl impuls veden ke kyvetě (ke vzorku), ve kterém indukoval fluorescenci (záření). Vzniklé záření bylo rozloženo spektroskopem a snímáno ICCD kamerou, detekovaný signál byl zaslán ke zpracování do počítače. Zpracování proběhlo v MATLABu pomocí předem připravených programů. Při prvním měření jsme použili velmi vysokou koncentraci uranylových iontů. Fluorescenční záření jsme viděli pouhým okem. Při následných měřeních jsme použili velmi nízkou koncentraci uranylových iontů. K měření jsme použili dva předem připravené roztoky. Pochopili jsme základní principy použité metody, kterou jsme si pod dohledem vyzkoušeli v praxi.

1 Úvod

Naším úkolem bylo dokázat přítomnost a určit koncentraci uranylových iontů v roztocích. Pro tento úkol jsme využili metodu časově rozlišené laserem indukované fluorescence. Tato metoda je založena na stimulaci zkoumaných (v našem případě uranylových) iontů laserem, který produkuje nanosekundové pulsy o vhodné vlnové délce. Tyto pulsy zvyšují energii uranylových iontů, které se následně vybíjejí emisí fotonů s vlnovou délkou v zeleném spektru. Toto světlo je rozloženo spektroskopem, snímáno ICCD kamerou a následně zpracováno v počítači. Metoda se využívá ke zjištění přítomnosti uranylových iontů v přírodě při nízkých koncentracích (např. v okolí těžby uranu).

2 Měření

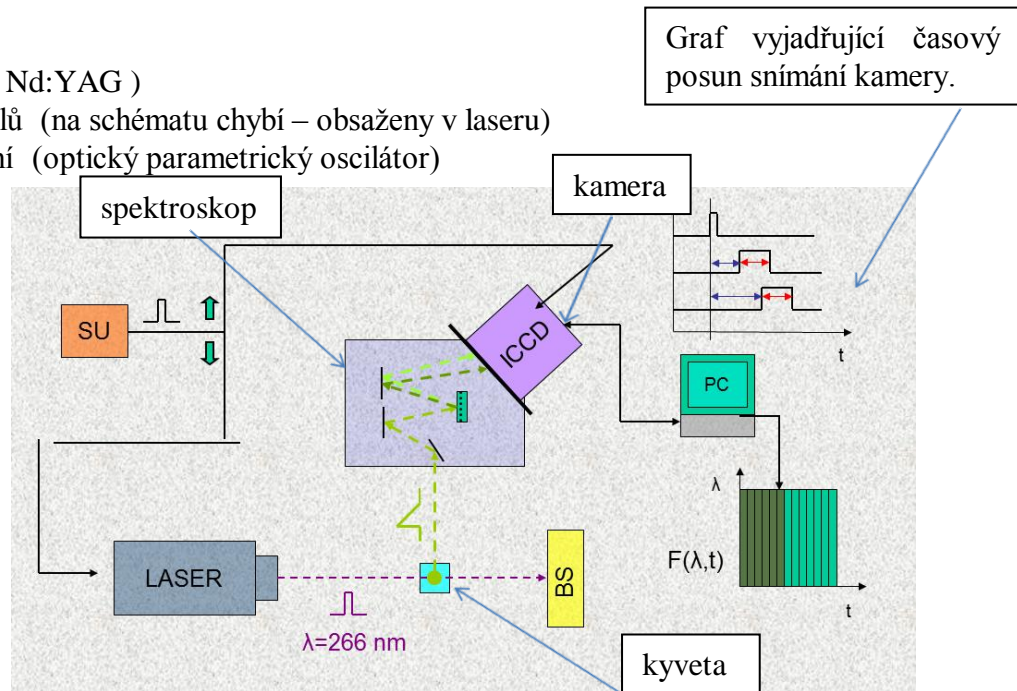
Popis zařízení:

Celá měřící soustava se skládá z:

- Laserového systému

- Laseru (typ: Nd:YAG)
- Dvou krystalů (na schématu chybí – obsaženy v laseru)
- OPO zařízení (optický parametrický oscilátor)
- Kyvety
- Spektroskopu
- Snímací kamery

(SU- synchronizační jednotka)
(BEAM STOPPER – zachycuje energii impulsu, který prošel kyvetou)



Graf vyjadřující časový posun snímání kamery.

Popis měření:

Laserový impuls je vyslán z laseru (Nd:YAG) ke dvěma krystalům, které mění jeho vlnovou délku na stanovené hodnoty. Dále je impuls veden do OPO zařízení (optického parametrického oscilátoru), které mění jeho vlnovou délku nastavitelnou na počítači. Impuls je dále směřován ke kyvetě, ve které stimuluje (excituje) ionty uranu tak, že jejich elektrony se přemístí do vyšších orbitalů. Následná deexcitace (vybíjení) způsobuje zelené světélkování (fluorescenci) roztoků těchto iontů viditelné při vysoké koncentraci i pouhým okem. Doba deexcitace těchto uranylových iontů se nazývá doba života, podle které se určuje, o kterou chemickou formu uranu se jedná. Světlo vydané uranylovými ionty je pak zachyceno spektroskopem, který jej spektrálně rozloží. Rozložené světlo zachytí ICCD kamera a měření zašle ke zpracování do počítače.

Software a nastavení počítače:

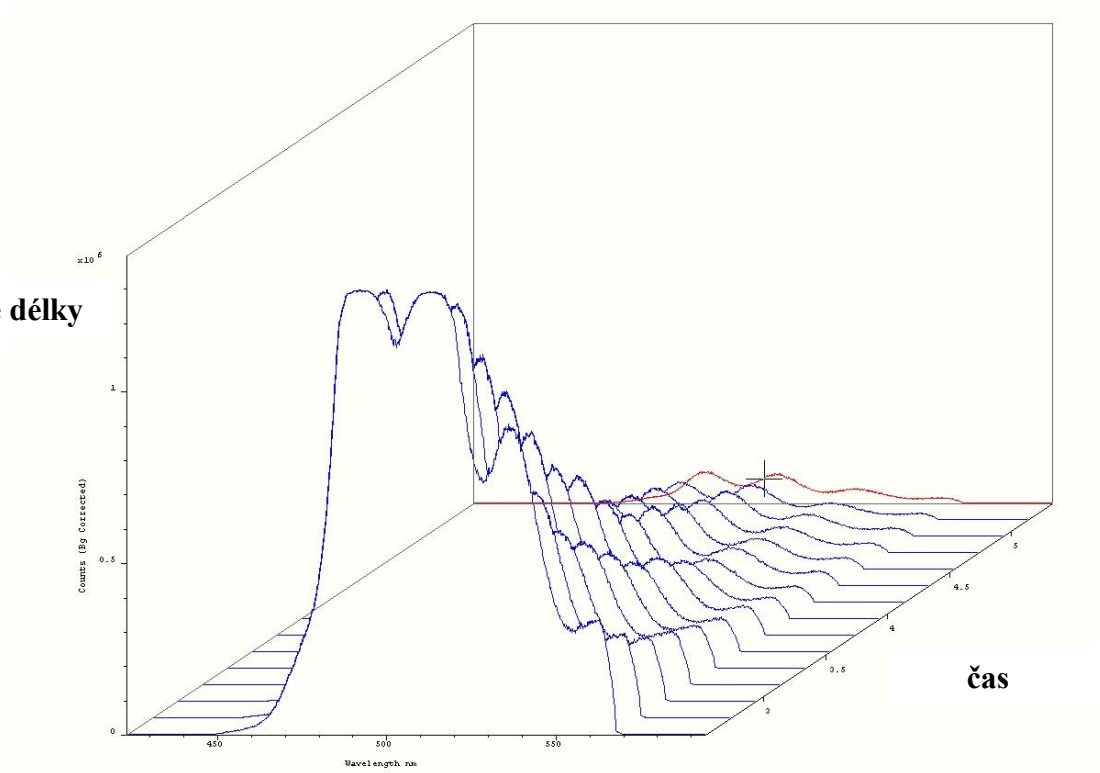
Abychom určili doby života jednotlivých forem uranu, provedli jsme měření, při kterých jsme detekovali spektra forem uranu po určitých časových krocích od budícího laserového impulsu.

- Nejdříve jsme si nastavili parametry snímání kamery: časový posun, dobu nabírání a časové kroky.
- Dále jsme si změřili pozadí (měření bez stimulace) pro eliminaci vnějších vlivů. Od naměřených spekter jsme odečetli pozadí. Měření byla prováděna s 80% energií laseru (2 mJ).
- Z detekovaných dat jsme sestrojili grafy, ze kterých jsme zjistili, jakou intenzitu má daná vlnová délka = spektrum uranylových iontů. Podle spektra a doby života jsme určovali, jaké formy uranuly se v kyvetě nacházejí.

Graf 1:

Vlnové délky o různých intenzitách nám ukazují spektrum vyzařované formami uranu. Doba od nejvyšších intenzit až k šumu (osa z) je určena dobou života, která je pro každou látku specifická.

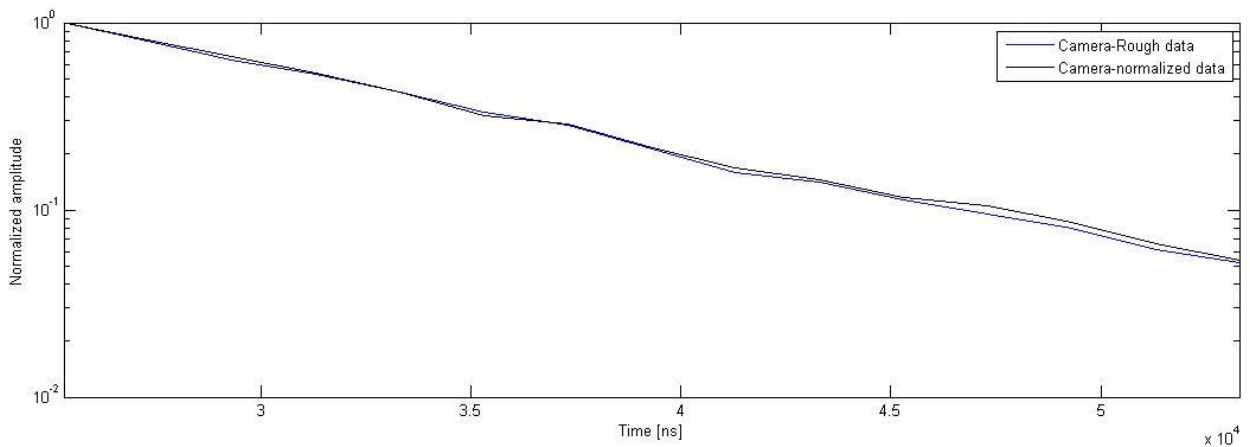
Intenzita vlnové délky



vlnová délka

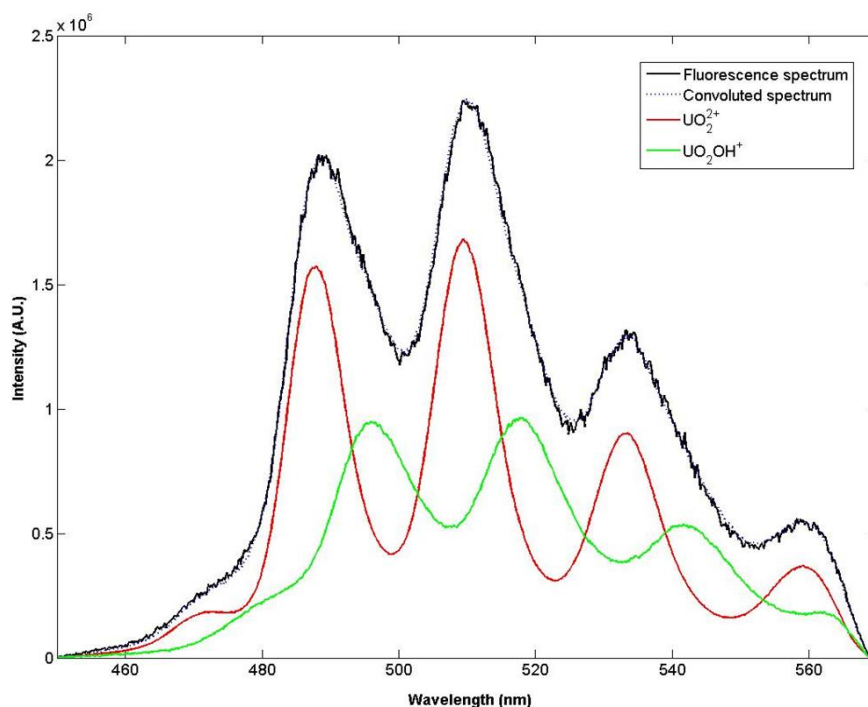
Graf 2:

Tento graf ukazuje klesající intenzitu se zpoždující se dobou měření. Všechny body jednoho spektra (jedné souvislé linky) z předchozího grafu byly sečteny a v časové závislosti umístěny do grafu.



Graf 3:

Rozklad detekovaného spektra (černá linka) na jednotlivé formy uranu (zelená a červená linka). Porovnání spekter a intenzit těchto forem.



Vyhodnocení:

Pokles intenzity (graf č.2) byl dále zpracován v programu MATLAB, za pomoci kterého jsme určili z kolika forem uranu se roztok skládá.

3 Shrnutí

V průběhu miniprojektu jsme měřili vzorky s různou koncentrací uranylových iontů.

Měření s vysokou koncentrací: Uranylové ionty zabarvily roztok do žluta a deexcitace byla viditelná pouhým okem.

Měření s nízkou koncentrací: Roztok byl čirý a deexcitace byla detekována pouze měřicími přístroji.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali za možnost účastnit se týdnu vědy celému organizačnímu výboru Týdne vědy, našemu profesorovi fyziky Jiřímu Motisovi a garantovi našeho miniprojektu Mgr. Aleši Vetešníkovi, Ph.D. za jeho velkou trpělivost.

Reference:

- [1] VETEŠNÍK ALEŠ MGR. PH.D. TRLFS PREZENTACE FJFI 2008
- [2] LAKOWICZ JOSEPH - PRINCIPLES OF FLUORESCENCE SPECTROSCOPY - 1983
- PLENUM PRESS