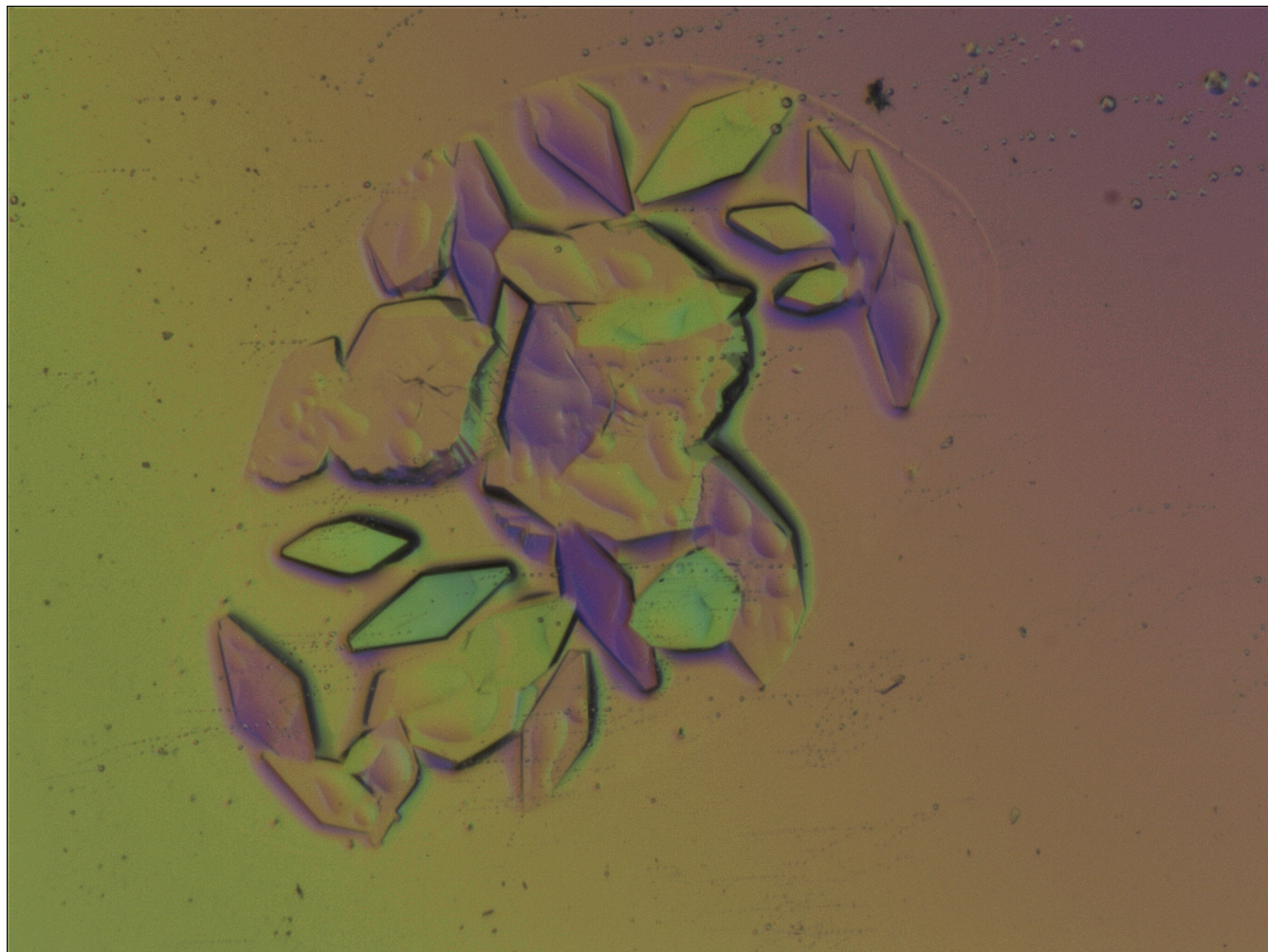
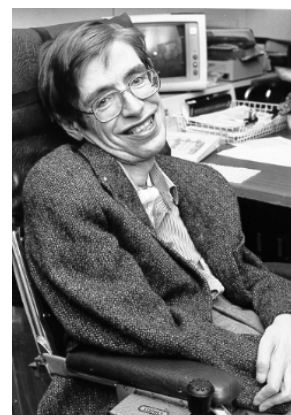


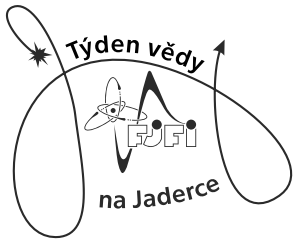
Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2018

Sborník příspěvků



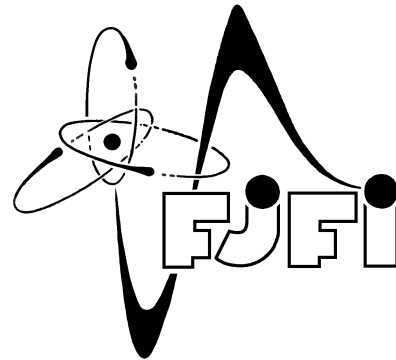
”Až si příště bude někdo stěžovat, že jste udělali chybu, tak mu řekněte, že je to možná dobře. Protože bez nedokonalostí a chyb bych neexistoval ani já a ani vy.”
Stephen Hawking (právě odešel...)



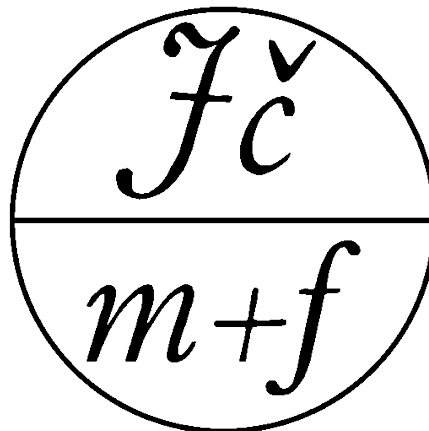


Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2018

Poděkování za laskavou podporu



a



Slovo úvodem

Milí přátelé, nemám moc slov. Prostě a jednoduše: jsme již v 20 ročníku Týdne vědy na Jaderce, resp. dřívějšího Fyzikálního týdne.

Aktuální statistika vypadá takto: Letošní ročník tvořilo opět 29 komnat Pevnosti Břehyard (+ selfie a závěrečná aktivita), 49 miniprojektů, 12+1 exkurzí, 17 přednášek a 4 diskuzní párty pro vás, 150 studentů.

Tradičně děkuji všem vedoucím komnat Pevnosti Břehyard, garantům úloh, přednášejícím, vedoucím exkurzí, krupierům na Kasinu a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty FJFI. Letos přidáváme i díky Jednotě českých matematiků a fyziků, která také přispěla na vaše ubytování a zve vás všechny k tomu, abyste se stali jejími členy.

Letos tady **DĚKUJI** Karlovi Kolářovi, že mi splnil můj sen významně platného, neskutečně obětavého a schopného spoluorganizátora, který na sebe převzal velkou část nevábnych produkčních záležitostí, stvořil velkolepý web a já díky jemu mohu letos práci na sborníku končit ještě před půlnocí.

Malý dnešní příběh: zastavil mne bývalý absolvent nevím či Fyzikálního týdne či Týdne vědy a řekl mi, že na této akci potkal poprvé svoji nynější manželku. Takže pozor! Stát se zde může ledacos.

Fakt je, že Týden vědy je náročná záležitost a tak trochu se nemístně těším na závěr kdy budu vědět, že jste zase doma v bezpečí. Ale vaše přítomnost na Břehovce je nesmírně osvěžující a už teď vím, že se mi po vás bude v pondělí stýskat. Tak se třeba nevidíme naposledy.

Říkám sbohem a nashledanou.

19. 6. 2018

Vojtěch Svoboda



Očekávání a obavy

Očekávání	Obavy
Jaké to je v laboratoři	Jestli to nevybuchne
Možnosti uplatnění - životní	Vybavenost školy
Že nás ti vědci budou BAVIT	Že něco rozbijeme
Navázání kontaktů	Ubytování

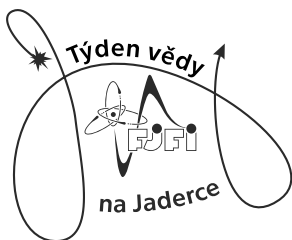
Titulní obrázek na obálce sborníku:

Snímek krystalků proteinu lysozymu v polarizovaném světle. Krystalky byly získány pomocí metody difúze par v uspořádání visící kapky. Při vložení takových krystalků do svazku rentgenového záření bylo možné detekovat difrakční signál, z něhož byla určena 3D atomární struktura tohoto proteinu. Pochází z miniprojektu "3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin"

Contents

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Týdne vědy 2018	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky	16
3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin (Václav Srb, Michaela Jiskrová, Adéla Svobodová, Kateřina Pražáková)	16
Simulace provozu JE typu ABWR (Ondřej Folwarczny, Hana Šumšalová)	19
Balmerova série vodíku (Fabián Bodnár, Kristína Júlia Jarinová, Daniel Vlk, Adéla A. Mládková)	23
Co je chytré osvětlení a jak souvisí s nejmodernějšími detektory ionizujícího záření? (Jaroslav Žukov, Tomáš Dudík)	28
Abstinent versus alkoholik: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy (Kristýna Vagnerová, Václav Špička, Kristýna Pechová, Tomáš Vendlberger)	32
Mumie versus Zombie: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy (Jaroslav Frühauf, Erika Grolmusová)	36
(Hyper)komplexní čísla a fraktály (Daniel Komárek, Filip Koňářík, Tomáš Vondrák)	40
Fúzní neutrony na tokamaku COMPASS (Dominik Duchek, Ján Glut, Nela Sedláčková)	44
Jak poznat dávku z barvy gelu? (David Adámek, Tereza Lišková, Kateřina Limburská)	48
Inženýrské bariéry pro ukládání radioaktivních odpadů (David Hovorka, Patrik Štíbr, Jiří Kraus)	52
Get ready for Krakatit (Tomáš Wágner, Tomáš Wenclofský)	55
Kvantová chemie (Adam Červenka, Karel Balej, Ivan Rishko)	58
Programování na kvantovém počítači (Michal Němec, Martin Chmelař, Petr Scheubrein, Vojtěch Michal)	62
Měření kosmického záření (Dominik Horák, Eliška Povolná, Nina Bezúchová, Aleš Socha, Matej Kiska)	66
Luminiscenční nanokrystaly: nový hit v medicínské diagnostice (Anna Kheková, Jan Stehlík, Luděk Nechyba)	70
Malá velká data (Filip Svoboda, Michal Štefaňák, Aleš Horák, Jakub Šuráň)	74
Rozsvítneme mozek! (Nela Hrobařová, Barbora Pobijaková, Kristýna Vítečková)	77
^{99m}Tc značené léčivé přípravky pro diagnostiku v nukleární medicíně (Soňa Burešová, Anna Příbojová, Tereza Vitoušová, Adam Tomi)	81
Zobrazování hmyzu uvězněného v jantaru (Lukáš Čech, Štěpán Skalka)	85
Když nechceme derivovat, použijeme mýdlo. (Kristýna Umlaufová, Suzan Catay)	89
Testování přítomnosti zlata pomocí neutronové aktivační analýzy (Martina Krejčová, Emil Lelák, Jana Pekařová)	92
Využití zpovědných neutronů ke stanovení množství štěpného materiálu (Kateřina Rosická, Jiří Apjár)	96
Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo (Michal Melko, Julie Přerovská, Karol Csukás, Petr Kolář)	100

Optické úlohy - polarizace a interference (Bruno Uldrich, Petr Augustin, Vojtěch Bauer)	104
Záření plazmatu (Maksymilian Iurchenko, Michaela Arnoštová, Matouš Hrubý)	109
Počítačová grafika - pohled pod pokličku (Tereza Roztočilová, Petr Korpas, Tomáš Dulava, Abbas Alrawi)	113
Přepřepřepování ozářeného jaderného paliva – separace lanthanoidů a minoritních aktinoidů (Hynek Loskot, Magdalena Benešová, Veronika Scholzeová, Kateřina Černá)	118
How to test if quantum theory is correct? (Zdeněk Plešek, Artur Uldrich, Klára Kasalová, Bára Siptáková)	122
Radioimunoanalýza (Kryštof Bodnár, Lucie Peterková, Eliška Mouková, Jan Turza, Zuzana Hudáčová, Daniel Příbyl)	126
Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti (Pavel Kubička, Barbora Baštářová, Dario Mikuš)	130
Narušování symetrie v laserovém rezonátoru (Karel Popovič, Adam Janich, Dajana Kolářová)	135
Využití rezonance při zkoušení materiálů (Martin Osowski, Ngoc Hung Hoang, Marek Štefaník)	139
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Klára Tomášková, Šimon Charvát)	144
Jak se světlo šíří a rezonuje v nanostrukturách - simulace na počítači (Roman Vašut, Róbert Jurčík, Hana Protivová, Eliška Jeřábková)	147
Jak spolu souvisí lesk a elektrická vodivost stříbra? (Svatopluk Vlk)	151
Co nám světlo prozradí o dvouatomové molekule? (Veronika Vařáková)	154
Jak nám pomáhají tenké vrstvy? (Sebastian Hlavatý, Filip Solař, Anna Robbová)	158
Příprava follow-up pozorovania kandidátov na exoplanéty objavených vesmírnou misiou TESS (Michal Mikeska, Barbora Nováčková)	162
Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM I (František Dostál, Patrik Zavoral, Ota Michálek)	166
Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM II (Marián Moravčík, Michal Lelák, Ondřej Kohút)	170
Počítačové simulace turbulentního proudění (Jan Světlík, David Horský, Vít Beran, Ondřej Tomášik)	174
Stolní urychlovače elektronů (Jana Demjančuková, Zdeněk Vostřel, Michal Zikuda)	178
Tenké vrstvy, jak i málo dokáže hodně změnit (Jindřich Jelínek, Josef Zelinka)	182
Simulace provozu JE typu VVER-440 (Milan Stehlík, Tomáš Matoušek)	186
Stanovení rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1 (Petra Vozábová, Marek Fürst, Rudolf Griessl)	190
Pozorování objektů s rozlišením 1/100 000 tloušťky vlasu (Miriam Horálková, Jan Gebhart, František Směták)	194
Postavte si laserový zaměřovač (Vladimír Urban, Jiří Kukla, Michal Čihala, Filip Chocholatý)	198
Zeemanův jev (Oliver Pospíšil, Kristýna Haismanová)	201
Monte Carlo simulace šíření nebezpečného viru (Kristýna Sluková, Štěpán Meister, Daniel Staník, Klára Tauchmanová)	206



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2018

Program Týdne vědy 2018

- Neděle 17. 6.

10.00-11.00 Registrace (Břehová - vrátnice)

11.00-11.30 Otevření Týdne vědy

11.30-11.50 Úvodní úvaha o vědecké komunikaci

11.50-12.30 Organizace TV@J

14.00-15.30 Populární přednášky (Břehová - posluchárny)

16.00-19.00 Pevnost Břehyard (Břehová celá, začátek v aule 103)

- Pondělí 18. 6.

9.00-16.30 Miniprojekty (seznámení, rešerše, příprava, realizace)

16.30-17.50 Vědecká prezentace I pro nováčky na TV@J

16.30-17.50 Alternativní přednášky pro absolventy minulých ročníků TV@J

18.00-20.00 fakultativní program - Divadlo Na Rejdišti - Slavnostní koncert oddělení populární hudby

- Úterý 19. 6.

celý den Miniprojekty (příprava prezentace a sborníkového příspěvku)

- Středa 20. 6.

8.30-10.00 Hlavní zvaná přednáška

10.30-11.50 Vědecká prezentace II pro nováčky na TV@J

10.30-11.50 Alternativní přednášky pro absolventy minulých ročníků TV@J

odpoledne Exkurze na vrcholná badatelská pracoviště po Praze

17.30-19.30 Diskuzní párty (Břehová posluchárny)

18.00-19.30 fakultativní program - exkurze do Thomayerovy nemocnice na radioterapii

- Čtvrtek 21. 6.

9.00-10.30 Prezentace miniprojektů I

11.00-12.30 Prezentace miniprojektů II

14.00-15.30 Prezentace miniprojektů III

16.00-17.00 Prezentace miniprojektů IV

18.00-21.00 Kasino (závěrečný společenský večerní program na fakultě na terase či v atriu)

- Pátek 22. 6.

9.00-10.15 Prezentace miniprojektů V

10.45-12.00 Prezentace miniprojektů VI

12.00-12.15 Závěr (aula 103)

12.15 Zakončení 20. ročníku TV@J

Exkurze

- ÚJF AV ČR, v.v.i., Řež u Prahy.
- Fyzikální ústav - Na Slovance.
- Fyzikální ústav - Cukrovarnická.
- Školní reaktor VR-1 Vrabec FJFI ČVUT.
- Tokamak GOLEM.
- Tokamak COMPASS.
- Ústav fyziky atmosféry AV ČR.
- Z-pinč.
- Protonové centrum.
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR.
- Hvězdárna Ondřejov, Astronomický ústav AV ČR.
- Ústav termomechaniky AV ČR.
- Výzkumný a zkušební letecký ústav v Letňanech.
- ELI.

Seznam všech přednášek

- Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.: Vědecká prezentace I pro nováčky na TV@J - jak na prezentace a publikace.
- Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.: Vědecká prezentace II pro nováčky na TV@J - jak na prezentování.
- Ing. Ondřej Grover: Termojaderná fúze.
- Ing. Vítězslav Jarý, Ph.D.: Jak se scintilátory detekovat ionizující záření? Rychle, účinně a levně..
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější.
- doc. Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Chemie a záření.
- RNDr. Jan Proška: Biomolekuly jako stroje aneb Atomový pořádek.
- prof. Dr. Ing. Michal Beneš: Termodynamika bruslení.
- Ing. Jan Čepila, Ph.D.: Kolik kvarků je v protonu?.
- Ing. Ondřej Novák: Havárie v jaderné energetice.
- prof. Ing. Igor Jex, DrSc.: Záření černého tělesa.

- doc. RNDr. Oldřich Semerák, DrSc. (Ústav teoretické fyziky, MFF UK): O obecné teorii relativity a Hawkingovi.
- doc. Ing. Miroslav Virius, CSc.: Pravda a lež ve fotografii digitálního věku.
- doc. Ing. Ladislav Kalvoda, CSc.: Jak se žije ve dvou dimenzích.

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Bc. Kateřina Jiráková: Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM I.
- Ing. Jaroslav Krbec: Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM II.
- Ing. Ondřej Novák: Stanovení rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1.
- Ing. Ondřej Novák: Využití zpožděných neutronů ke stanovení množství štěpného materiálu.
- Ing. Kateřina Pachnerová Brabcová, Ph.D.: Abstinent versus alkoholik: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy.
- Ing. Anna Michaelidesová: Mumie versus Zombie: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy.
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu VVER-440.
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu ABWR.
- Ing. Richard Švejkar: Postavte si laserový zaměřovač.
- Ing. Pavel Kwiecien, Ph.D.; Ing. Milan Burda; doc. Dr. Ing. Ivan Richter: Jak se světlo šíří a rezonuje v nanostrukturách - simulace na počítači.
- Ing. Michal Sakmár: Radioimunoanalýza.
- Ing. Pavel Strachota, Ph.D.: Počítačová grafika - pohled pod pokličku.
- Mgr. Hana Bártová: Jak poznat dávku z barvy gelu?.
- Ing. Vítězslav Jarý, Ph.D.: Co je chytré osvětlení a jak souvisí s nejmodernějšími detektory ionizujícího záření?.
- Bc. Martin Malý: 3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin.
- Ing. Josef Blažej, Ph.D.: Narušování symetrie v laserovém rezonátoru.
- Ing. Vojtěch Michálek, Ph.D.: Čítání fotonů a jeho aplikace.
- Ing. Vojtěch Horný: Stolní urychlovače elektronů.
- Mgr. Jaroslav Kočišek, Ph.D.: Záření plazmatu.
- Ing. Ondřej Huml, Ph.D.: Testování přítomnosti zlata pomocí neutronové aktivační analýzy.
- Ing. Miloš Tichý, CSc.: Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti.
- Ing. Michal Špaček: Balmerova série vodíku.
- Ing. Jaroslav Čech: Jak nám pomáhají tenké vrstvy?.
- Ing. Ondřej Kovářík, Ph.D.: Využití rezonance při zkoušení materiálů.

- Ing. Jakub Solovský; Ing. Jakub Klinkovský; Ing. Tomáš Oberhuber, Ph.D.: Počítačové simulace turbulentního proudění.
- Ing. Petr Ambrož, Ph.D.: Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo.
- Ing. Vladimír Linhart, Ph.D.: Zobrazování hmyzu uvězněného v jantaru.
- Ing. Jiří Martinčík, Ph.D.: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek.
- Ing. Tomáš Urban, Ph.D.: Termoluminiscenční dozimetrie.
- Bc. Kateřina Fialová: ^{99m}Tc značené léčivé přípravky pro diagnostiku v nukleární medicíně.
- Ing. Martin Matys: Monte Carlo simulace šíření nebezpečného viru.
- Daniel Dupkala: Příprava follow-up pozorovania kandidátů na exoplanety objevených vesmírnou misíou TESS.
- RNDr. Martin Michl, Ph.D.: Co nám světlo prozradí o dvouatomové molekule?.
- Bc. Dagmar Bendová: Zeemanův jev.
- Bc. Elisabeth Andriantsarazo: Optické úlohy - polarizace a interference.
- Mikuláš Matoušek: Kvantová chemie.
- RNDr. Ing. Petr Distler, Ph.D.: Přepřacování ozářeného jaderného paliva – separace lanthanoidů a minoritních aktinoidů.
- Ing. Marek Sommer: Měření kosmického záření.
- Aurél Gábris, PhD: How to test if quantum theory is correct?.
- Michal Červeňák: Gama spektroskopie.
- doc. Ing. Rostislav Silber, CSc.: Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama.
- Bc. Kateřina Tomanová: Luminiscenční nanokrystaly: nový hit v medicínské diagnostice.
- doc. MUDr. Jakub Otáhal, Ph.D.: Rozsviťme mozek!.
- Bc. Jakub Krásenský: Když nechceme derivovat, použijeme mýdlo..
- Ing. Filip Havel: Pozorování objektů s rozlišením 1/100 000 tloušťky vlasu.

Minikonference

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek a pátek:

Čtvrtek: paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Roman Vašut

- 9:00 Co je chytré osvětlení a jak souvisí s nejmodernějšími detektory ionizujícího záření?
- 9:15 Zobrazování hmyzu uvězněného v jantaru
- 9:30 Testování přítomnosti zlata pomocí neutronové aktivační analýzy
- 9:45 Jak nám pomáhají tenké vrstvy?
- 10:00 Příprava follow-up pozorování kandidátů na exoplanety objevených vesmírnou misíou TESS
- 10:15 Zeemanův jev

Čtvrtek: paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Kateřina Rosická

- 9:00 (Hyper)komplexní čísla a fraktály
- 9:15 Fúzní neutrony na tokamaku COMPASS
- 9:30 Jak poznat dávku z barvy gelu?
- 9:45 Malá velká data
- 10:00 Když nechceme derivovat, použijeme mýdlo.
- 10:15 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Čtvrtek: paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Veronika Scholzeová

- 11:00 Jak spolu souvisí lesk a elektrická vodivost stříbra?
- 11:15 Co nám světlo prozradí o dvouatomové molekule?
- 11:30 Tenké vrstvy, jak i málo dokáže hodně změnit
- 11:45 Mumie versus Zombie: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy
- 12:00 Luminiscenční nanokrystaly: nový hit v medicínské diagnostice
- 12:15 Využití zpožděných neutronů ke stanovení množství štěpného materiálu

Čtvrtek: paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Hynek Loskot

- 11:00 Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti
- 11:15 Narušování symetrie v laserovém rezonátoru
- 11:30 Pozorování objektů s rozlišením 1/100 000 tloušťky vlasu
- 11:45 Simulace provozu JE typu ABWR
- 12:00 Inženýrské bariéry pro ukládání radioaktivních odpadů
- 12:15 Get ready for Krakatit

Čtvrtek: paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Adam Červenka

- 14:00 ^{99m}Tc značené léčivé přípravky pro diagnostiku v nukleární medicíně
- 14:15 Optické úlohy - polarizace a interference
- 14:30 Stolní urychlovače elektronů
- 14:45 3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin
- 15:00 Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

Čtvrtek: paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Adam Janich

- 14:00 Záření plazmatu
- 14:15 Přepřacování ozářeného jaderného paliva – separace lanthanoidů a minoritních aktinoidů
- 14:30 Využití rezonance při zkoušení materiálů
- 14:45 Jak se světlo šíří a rezonuje v nanostrukturách - simulace na počítači
- 15:00 Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM II

Čtvrtek: společné přednášky v Aule 103

Chairperson: Kristýna Haismanová

- 16:00 Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM I
- 16:15 Stanovení rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1
- 16:30 Balmerova série vodíku
- 16:45 Abstinent versus alkoholik: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy
- 17:00 Kvantová chemie
- 17:15 Jaderka nabízí středoškolákům

Pátek: společné přednášky v Aule 103

Chairperson: Daniel Komárek

- 9:00 Rozsvíťme mozek!
- 9:15 Počítačová grafika - pohled pod pokličku
- 9:30 How to test if quantum theory is correct?
- 9:45 Radioimunoanalýza
- 10:00 Simulace provozu JE typu VVER-440

Pátek: společné přednášky v Aule 103

Chairperson: Soňa Burešová

- 10:45 Programování na kvantovém počítači
- 11:00 Monte Carlo simulace šíření nebezpečného viru
- 11:15 Měření kosmického záření
- 11:30 Počítačové simulace turbulentního proudění
- 11:45 Postavte si laserový zaměřovač
- 12:00 Ukončení TV@J
- 12:15 Slavnostní zakončení 20. ročníku TV@J

3D atomární struktura bílkovin za 24 hodin

M. Jiskrová¹, K. Pražáková², V. Srb¹, A. Svobodová³
Karlínské gymnázium. Praha¹

První soukromé jazykové gymnázium, Hradec Králové²
Gymnázium Velké Meziříčí, Velké Meziříčí³
v.srb@email.cz

Abstrakt:

Bílkoviny jsou důležité biopolymerní makromolekuly, které nalezneme v každém živém organismu. K jejich pochopení je nezbytné znát jejich stavbu. V našem miniprojektu jsme se zaměřili na krystalizaci lysozymu, dále na difrakční experiment a výsledné určení struktury tohoto proteinu.

1 Úvod

Bílkoviny jsou základním stavebním prvkem živé hmoty. Jedná se o makromolekulární látky tvořené z dlouhých řetězců aminokyselin, které jsou spojeny peptidovými vazbami. V těle organismů plní stavební, zásobní, katalytické nebo ochranné funkce. Pro pochopení těchto funkcí a následné využití je potřeba znát jejich strukturu [1]. Hlavním cílem našeho projektu bylo seznámit se s metodami používanými při určování struktury proteinů a určit strukturu lysozymu – enzymu, který se vyskytuje ve vaječném bílku, slzách, hlenu a krvi [2].

2 Materiály a metody

Nejprve jsme se zabývali krystalizací lysozymu. Využili jsme metodu difúze par, konkrétně v uspořádání visící kapky. Do rezervoáru jsme napipetovali různé objemy roztoků solí (NaCl, octan sodný), které jsme demineralizovanou vodou doplnili na celkový objem 1 ml. Na očištěné víčko rezervoáru jsme nanесли 1 μ l vzorku lysozymu o různých koncentracích, ke kterému jsme přidali vždy 1 μ l odpovídajícího precipitantu z rezervoáru. Cílem bylo zjistit ideální podmínku pro vypěstování krystalů, aby byly dostatečně velké.



Obr. 1 – Příprava vzorků ke krystalizaci

Poté jsme krystaly pozorovali pod mikroskopem a zkusili jsme je vylovit pomocí smyčky o průměru 300 μ l, aby mohly být připraveny k difrakčnímu experimentu.

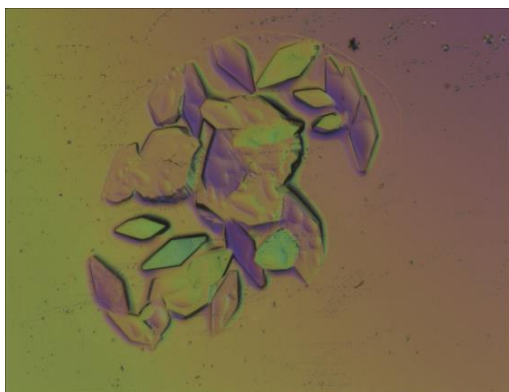
Zmražený krystalek byl umístěn na goniometr v difraktometru a byla změřena difrakční data. Krystalek byl ozařován rentgenovým zářením ze zdroje s tekutou anodou (MetalJet) o vlnové délce 1,3418 Å. Vzdálenost krystalu od detektoru byla 80 mm, použit byl plošný detektor Photon II. Byly naměřeny 4 soubory difrakčních dat, celkově jsme získali 2880 snímků.

Reflexe se poté indexovaly, jejich intenzity byly integrovány a seškálovány pomocí programu XDS a XDSKappa. Fázový problém byl vyřešen metodou molekulárního nahrazení s již existujícím modelem struktury lysozymu dostupného z Protein Data Bank (PDB 2AXR), použili jsme program Phaser.

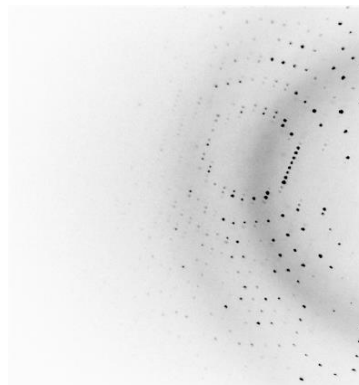
Struktura bílkoviny byla upřesněna v programu Refmac5.

3 Výsledky a diskuze

Při krystalizaci lysozymu nám vyrostly vhodné krystalky pouze v jednom případě a to, když jsme použili precipant obsahující 0,6M NaCl a 0,1M NaAcet, koncentrace vzorku lysozymu byla 80 mg/ml (viz Obr. 2). V jiných případech ke krystalizaci nedošlo, případně byly krystaly moc malé. Vylovení krystalů pomocí smyčky proběhlo úspěšně.

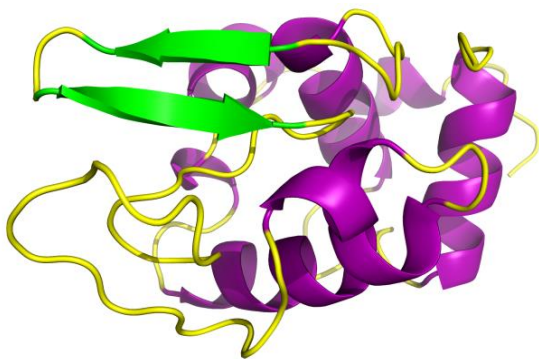


Obr. 2 – Krystaly v polarizovaném světle

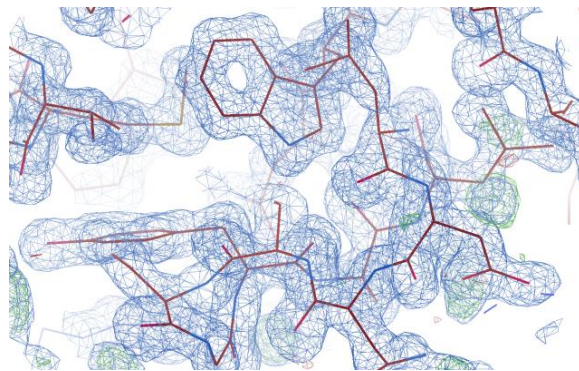


Obr. 3 – Difrakční snímek

Při difrakčním experimentu jsme získali 4 soubory dat po 720 snímcích (viz Obr. 3). S využitím programu XDS se reflexe podařilo oindexovat. Bylo zjištěno, že základní buňka krystalu je primitivní tetragonální, její parametry jsou 76,89 x 76,89 x 37,30 Å. Všechny úhly jsou pravé. Zpracování difrakčních dat a vyřešení fázového problému proběhlo bez problému. Struktura bílkoviny byla upřesněna v programu Refmac5. Pozorovaná elektronová hustota odpovídala použitému modelu a upřesnění zkonvergovalo, takže jsme strukturu určili úspěšně. Na Obr. 4 je znázorněna sekundární struktura lysozymu. Na Obr. 5 lze vidět detail struktury lysozymu se znázorněnou elektronovou hustotou na hladině 1σ .



Obr. 4 – sekundární struktura lysozemu (program PyMOL)



Obr. 5 – detail struktury lysozemu se znázorněnou elektronovou hustotou na hladině 1σ (program Coot)

4 Shrnutí

Podářilo se nám splnit cíl našeho miniprojektu. Během našeho projektu jsme vypěstovali krystaly lysosymu, určili jsme nejvhodnější podmínku. Vyzkoušeli jsme si vylovení krystalů pomocí smyčky a měli jsme možnost provést difrakční experiment. Také se nám podařilo pomocí počítačových programů vyřešit strukturu lysozemu.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervisorovi projektu Ing. Martinovi Malému za vedení naší práce a za cenné rady. Děkujeme také ostatním pracovníkům BIOCEVu a rovněž organizátorům Týdne vědy za pořádání této akce a za možnost zúčastnit se.

Reference:

- [1] Bílkoviny. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bílkoviny>
- [2] Lysozym. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lysozym>

Simulace provozu JE typu ABWR

H. Šumšalová*, O. Folwarczny**

*Masarykovo gymnázium, Jičínská 528, Příbor

** Wichterlovo gymnázium, Čs. Exilu 669/16, Ostrava

*hana.sum@seznam.cz

**ondra821@gmail.com

Abstrakt:

V průběhu miniprojektu jsme se seznámili s reaktorem typu ABWR. Také jsme vyzkoušeli řízení JE při různých provozních podmínkách a havarijních stavech. V článku bude podrobněji popsán úplný výpadek napájení vlastní spotřeby.

1 Úvod

Lidstvo se bez elektrické energie neobejde. Tu nám mohou poskytovat mimo jiné i jaderné elektrárny. Jak je těžké jejich ovládání, a jaké riziko představují pro lidstvo?

Varný reaktor ABWR spadá pod generaci III+ od firem GE Hitachi Nuclear Energy a Toshiba. V Japonsku jsou v provozu 2 reaktory, 4 ve výstavbě. Hlavním rozdílem mezi tlakovodními reaktory využívanými v ČR je, že k varu chladiva dochází přímo v aktivní zóně a tato pára proudí přímo na turbínu. Tato elektrárna má pak pouze jeden okruh (kromě chladícího). Tato práce se zaměřuje na provoz a bezpečnost elektrárny ABWR v případě poruchy. Vše jsme ověřovali za pomoci počítačového simulátoru. Náš úkol byl vyzkoušet ovládání jaderné elektrárny a zvládat různé poruchy na počítačovém simulátoru.

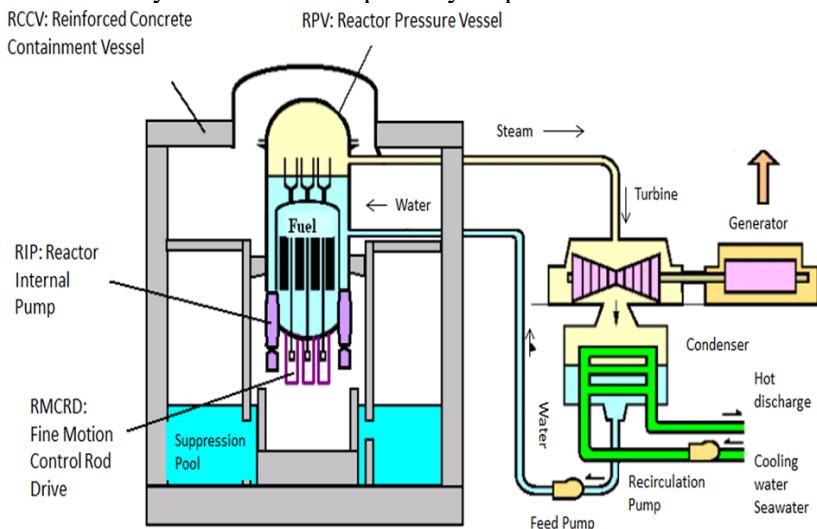


Schéma jaderné elektrárny [1]

2 Reaktor ABWR

Do reaktoru je přiváděna napájecí voda směs, která se dohřívá na teplotu sytosti a poté vypařuje, tato voda (parovodní směs o výstupní suchosti 15%) slouží zároveň jako moderátor. Pára se shromažďuje v horní části reaktoru. Nad aktivní zónou je udržována hladina, jejíž výšku je nutné sledovat. Při nízké hladině může dojít k přehřívání paliva reaktoru a naopak při vysoké klesá kvalita páry. Pára posléze proudí potrubím přímo na turbínu. Pára po expanzi se dostává do kondenzátoru a kondenzát se poté přes regenerační ohříváky a čerpadla zpět do reaktoru (viz obr. 1). Tím se uzavírá cirkulace parovodní směsi. Ze spodní části reaktoru se zasouvají regulační tyče, které se v případě havárie vstřelí do reaktoru a zastaví štěpnou řetězovou reakci.

Výhody a nevýhody

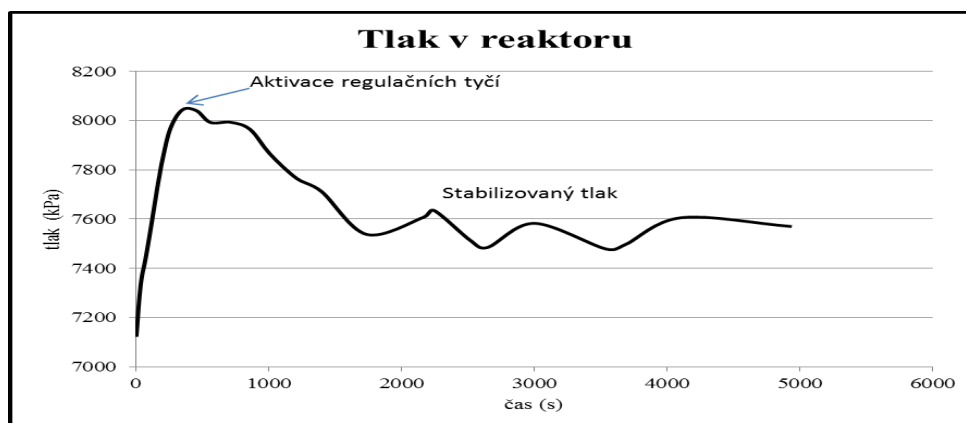
Výše již bylo zmíněno, že se jedná o jednookruhový typ elektrárny. S touto skutečností souvisí jednodušší technologická a ekonomická výstavba. S výkonem 1,4 GWe se řadí mezi velmi výkonné. Generace III+ disponuje vysokou bezpečností.

Mezi nevýhody patří zanášení systému radioaktivitou, která se uvolňuje z aktivní zóny. Z tohoto důvodu je nutné odstínit větší část zařízení, aby nedocházelo k ozáření zaměstnanců.

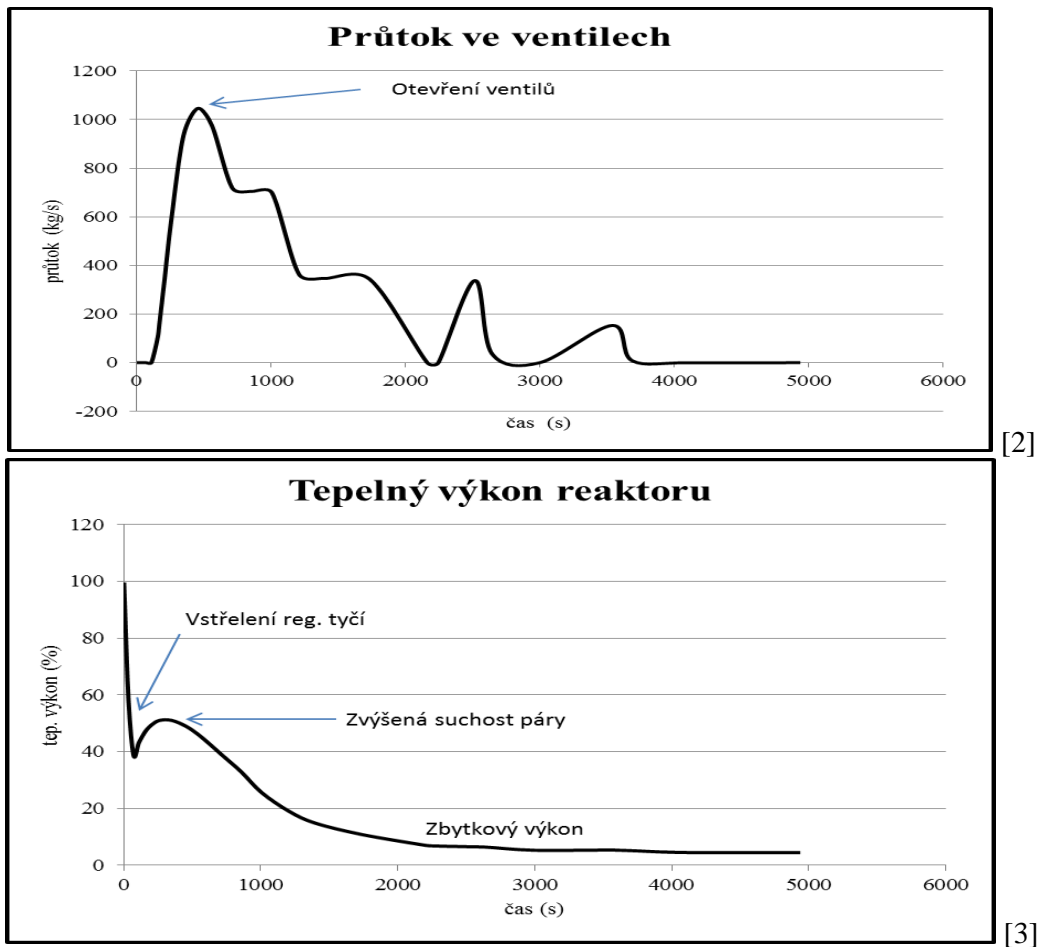
4 Simulátor ABWR

Tento program simuluje provoz bloku ABWR. Zároveň simuluje chování při případných haváriích. Simulátor obsahuje nespočet kontrolků a 9 ovládacích panelů, na kterých je možno sledovat jiné části elektrárny. Při cvičení byly řešeny havarijní situace: odstavení reaktoru, výpadek turbogenerátoru, cirkulačních čerpadel, porušení parního kolektoru.

Při simulaci výpadku napájení vlastní spotřeby elektrárny (ztráta rozvodu el. energie na elektrárně) jsou systémy schopny automaticky uchránit elektrárnu před dalším poškozením a únikem radiace. V tomto případě se odstaví turbogenerátor, cirkulační a napájecí čerpadla, chladicí okruh (poté musí být uzavřeno přepouštění páry do kondenzátoru). Kvůli nárůstu tlaku po odstavení turbíny dojde k odstavení reaktoru. Tlak v reaktoru dále stoupá, kvůli zbytkovému váknu. Z důvodu nefunkčnosti chladicího okruhu se otevírají ventily systému automatického potlačení tlaku, které odvádí páru na kondenzaci do chladicích bazénů v kontejmentu. Tímto je udržen tlak reaktoru v zadaném rozmezí [1]. Průtok ve ventilech závisí na velikosti tlaku v reaktoru [2]. Přestože je štěpná reakce po chvíli zastavena po vstřelení absorbčních tyčí je možno pozorovat zbytkový tepelný výkon [3].



[1]



3 Shrnutí

Ovládání skutečné JE za klasického provozu je relativně snadné, většinu práce odvádí samotný řídicí systém. Pro havarijní situace je systém navržen tak, aby se havarijní situace dále nezhoršovala a stav stabilizoval. Samovolný stabilizující se průběh situace omezuje možnost chybného lidského zásahu. Reaktor byl automaticky odstaven a zbývající tepelný výkon byl odváděn do bezpečnostních chladících bazénů v kontejnmentu.

4 Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat vedoucímu miniprojektu panu Ing. Kobylkovi, Ph.D. za vysvětlení a pomoci při našich experimentech. Dále patří naše díky všem, kteří umožnili bezproblémový průběh akce Týden vědy. Také všem účastníkům za vytvoření přátelské atmosféry. Děkujeme.

Reference:

- [1] schéma JE- Page not found - 404 - GOV.UK. *Welcome to GOV.UK* [online]. Copyright © Crown copyright [cit. 19.06.2018]. Dostupné z: <https://www.gov.uk/government/consultati>
- ABWR Pokročilé varné reaktory. *Atominfo* [online]. 2016 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2016/10/abwr-pokrocile-varne-reaktory/>
- SUK, Pavel a . ABWR Pokročilé varné reaktory. *Blog.idnes* [online]. 2016 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://pavelsuk.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=561807>
- Design reaktoru ABWR společnosti Hitachi-GE byl schválen pro použití ve Spojeném království. *Blog.idnes* [online]. 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2017/12/design-reaktoru-abwr-spolecnosti-hitachi-ge-byl-schvalen-pro-pouziti-ve-spojenem-kralovstvi/>
- Příspěvatelé Wikipedie, *Varný reaktor* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2016, Datum poslední revize 17. 06. 2016, 00:22 UTC, [citováno 19. 06. 2018] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Varn%C3%BD_reaktor&oldid=13841622>

Balmerova série vodíku

Adéla A. Mládková¹, Fabián Bodnár², Daniel Vlk³, Kristína Júlia Jarinová⁴

AG Štěpánská, a.mladek@email.cz¹

Gymnázium Kadaň, fabian.bodnar@seznam.cz²

Masarykovo gymnázium, daniel.vlk@gypri.cz³

Športové gymnázium Banská Bystrica, kristina.jarinova1@gmail.com⁴

Abstrakt

Vodík je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru a zároveň nejjednodušším - skládá se z jediného elektronu a jádra s jedním protonem. Výskyt vodíku ve vesmíru (ve hvězdách nebo mlhovinách) je často doprovázen emisemi, přičemž čtyři spektrální čáry náleží do oblasti viditelné lidským okem - ty se nazývají Balmerova série (červená, azurová, modrá (modrofialová) a fialová čára). Jejich vlnové délky lze nejen změřit, ale i vypočítat, dokonce bez použití moderní kvantové teorie, vychází-li se například z modelu elektronu vázaného jako stojatou vlnu na kruhovou orbitu, tzv. Bohrova modelu atomu. Podle něj může atom vodíku existovat jen v některých stavech a přechodem mezi nimi dochází k vyzáření (nebo naopak pohlcení) záření. Vyčíslování zjednodušuje převod do vhodných atomových jednotek. Vodíkové spektrum lze měřit i laboratorně v regulovaných podmínkách - z odchylek astronomických měření od pozemských lze pak usuzovat na velikosti magnetických polí ve vesmíru, jiná izotopová složení, expanzi vesmíru apod. Většinová shoda ovšem potvrzuje, že chemická struktura látky v dalekém vesmíru a fyzikální zákony tamtéž odpovídají pozemským.

Úvod

Balmerova série jsou čtyři lidským okem viditelné emisní spektrální čáry vodíku. Hodnotu vlnové délky lze vypočítat v teoretickém (Bohrově) modelu a naměřit například s pomocí výbojky a mřížky. Porovnáním obou hodnot můžeme ověřit představy o vlnově částicové povaze světla i atomů. Pro nejpřesnější výsledky je vhodné kalibrovat mřížku pomocí jiné výbojky se známými vlnovými délkami.

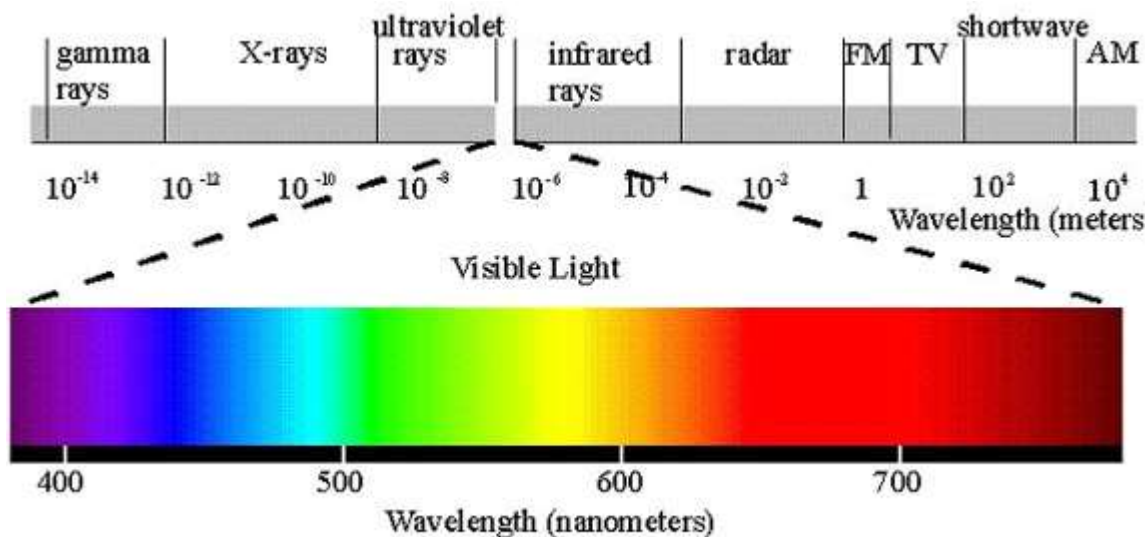
Teoreticky

Barva

Barva vzniká dvěma způsoby. Buď tím, že je objekt ozářen vnějším zdrojem světla, anebo že objekt sám vyzářuje barvu (s ohledem na chemické složení/s ohledem na teplotu).

Jednotka vlnové délky je nanometr nm, který se dají pomocí Einstein-Planckova vztahu převést na elektronvolty eV.

Barvy rozdělujeme např. na lidskému oko viditelné a neviditelné. Lidské oko vnímá elektromagnetické záření přibližně v intervalu od 380 do 750 nm. Pod hodnotou 380 nm se nachází námi neviditelné ultrafialové a nad 750 nm infračervené světlo.



Mezi barvy námi viditelné patří barvy základní (např. červená, zelená a modrá) a barvy doplňkové, které jsou složené ze základních barev. Každá základní barva k sobě má barvu doplňkovou, se kterou se skládá do bílého světla.

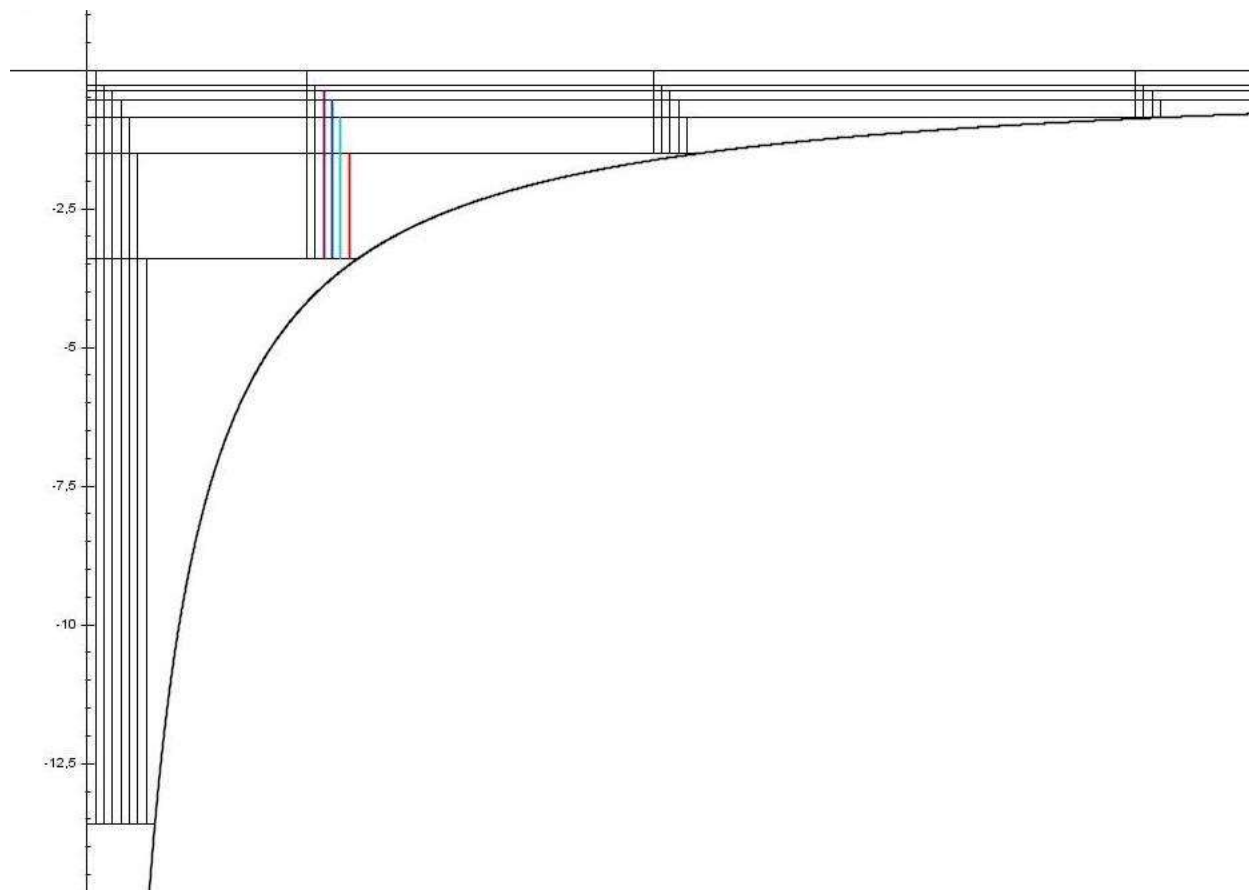
Fotony

Foton je kvantum energie světla s dualistickým charakterem, má tedy vlastnosti jak částice, tak vlnění. Mají danou energii (částicová vlastnost) a vlnovou délku (vlnová vlastnost). Charakter lze pozorovat například při 1 a 2 šterbinovém experimentu (kruh a interferenční obrazce), stínu, interakci s látkou.

Balmerova série

Atomární (nikoliv molekulární) vodík je nejčastější látka ve vesmíru a atom vodíku je nejjednodušší chemická látka - má jen jeden elektron a jedno jádro (proton a popřípadě několik neutronů). Vnitřní strukturu atomu vodíku lze modelovat i bez moderní kvantové teorie (tzv. „semiklasický“), a sice tzv. Bohrovým modelem atomu, kdy předpokládáme, že elektron je stojatá vlna navázaná na kruhovou orbitu - každá orbita představuje ostře vymezené povolené stavy, mezi nimiž může atom/elektron přeskokovat za současného vyzáření nebo pohlcení rovněž ostře vymezeného kvanta záření - fotonu -, jehož energie je rovna rozdílu mezi hladinami. Tento model je použitelný například i pro některé konjugované organické molekuly.

Díky Balmerově sérii lze zjistit množství energie které atom vyzáří při přechodu elektronu z vyšších do nižších orbitalů atomu vodíku.

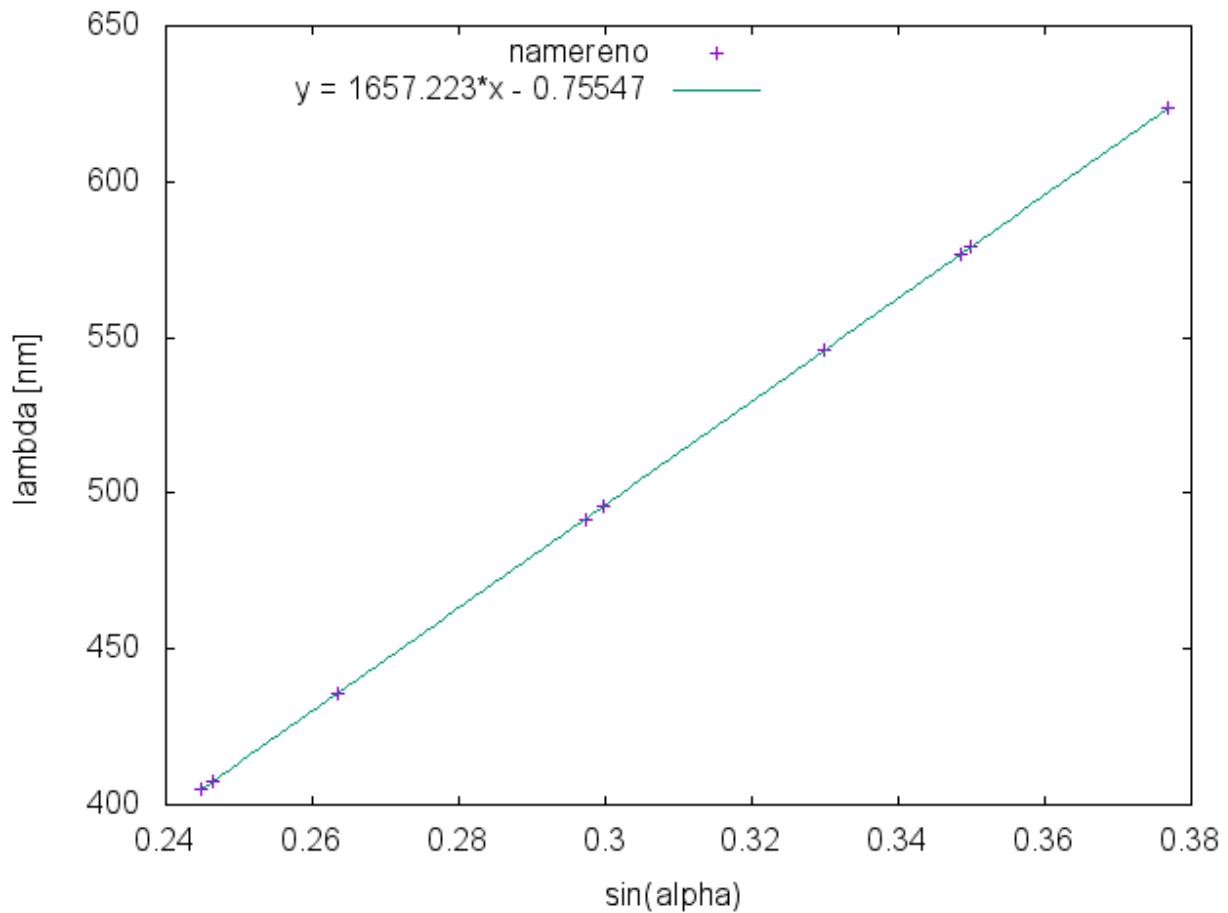


Křivka potenciální energie E_p vodíku a spektrální čáry

Měření

V laboratoři jsme nejprve pracovali se rtuťovou výbojkou, u níž jsme již předem znali vlnové délky spektrálních čar a poté jsme změřili úhly difrakce spektrálních čar. Diagram vlnové délky oproti sinu těchto úhlů jsme metodou nejmenších čtverců proložili přímkou podle vztahu výše, čímž jsme mřížku zkalibrovali (zjistili její mřížkovou konstantu - asi 605 vrypů na milimetr) a do takto nakalibrovaného vztahu dosazovali úhly měřené s vodíkem, čímž jsme automaticky dostávali naměřené vlnové délky vodíku. Dále jsme porovnávali naše naměřené hodnoty tří spektrálních čar s tabulkovými hodnotami.

	Difrakce vlevo		Difrakce vpravo		Polovina	radiány	sin	měření	tabulky	výpočet
Modrá	184° 38' 19"	184,639	154° 14' 42"	154,245	15,1968	0,26523	0,26214	4 336 613	434	433,9
Azurová	186° 02' 10"	186,036	152° 21' 16"	152,354	16,8408	0,29393	0,28971	4 793 651	486,1	486
Červená	192° 50' 07"	192,835	146° 06' 26"	146,107	23,364	0,40778	0,39657	6 564 521	656,3	656,1



Závěr

U dvou ze tří spektrálních čar se námi vypočtené naměřené a tabulkové hodnoty lišily až na čtvrté platné číslici. Úloha je zajímavý a názorný úvod do studia fyziky mikrosvěta.

Poděkování

Celý tým děkujeme vedoucímu projektu Ing. Michalu Špačkovi a fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za možnost účastnit se Týdnu vědy.

Zdroje, reference

<https://californialightworks.com/light-spectrum-and-plant-growth/>

Co je chytré osvětlení a jak souvisí s nejmodernějšími detektory ionizujícího záření

Jaroslav Žukov
Gymnázium Christiana Dopplera, Praha
zukov55@email.cz

Tomáš Dudík
Purkyňovo Gymnázium, Strážnice
tom-dudik@seznam.cz

Abstrakt:

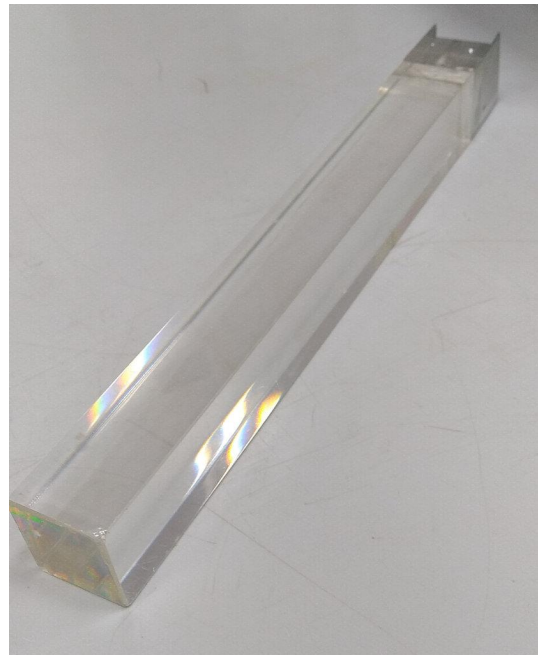
Luminiscenční krystaly

V rámci práce na tomto projektu jsme byli seznámeni se scintilačními materiály a experimentálně jsme zjistili jaké mají vlastnosti a k jakému účelu se hodí. Scintilační látky, se kterými jsme pracovali, jsou krystaly, jež jsou schopny přeměnit rentgenové záření na ultrafialové nebo viditelné světlo. Měřili jsme vlastnosti látky $\text{KLuS}_2:\text{Eu}$.

Náplní práce bylo proměření základních luminiscenčních charakteristik vybraných látek, které mají předpoklady k využití jednak v detektorech ionizujícího záření, a současně pro konstrukci laditelných zdrojů bílého světla. Byla změřena excitační a emisní spektra, současně také byla změřena kinetika dohasínání luminiscence. Dospěli jsme k pochopení výhod a nevýhod použití různých scintilátorů.

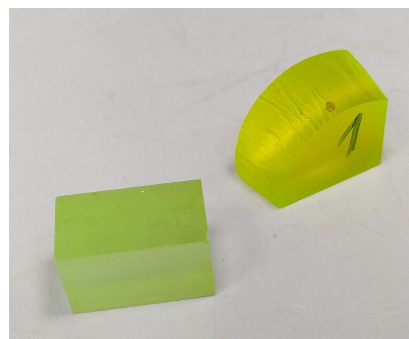
1. Úvod

Scintilátory patří mezi tzv. luminiscenční materiály. Po zachycení neviditelného ionizujícího záření v nich dochází k luminiscenci. Luminiscence je záření tělesa představující přebytek nad tepelným rovnovážným zářením tělesa. Toto záření má konečnou dobu trvání. Nejedná se však např. o žárovku nebo hvězdu. Jedná se například o zářivku nebo LED diodu. Plánujeme zjistit vlastnosti látky $\text{KLuS}_2:\text{Eu}$ a pak na základě měření odvodit výhody a nevýhody jejich použití.



2.Scintilátory

Scintilátory jsou látky, které dokáží vyzářit přebytečnou energii, ultrafialovým nebo viditelným světlem. Mohou být vyrobeny z různých materiálů a také různě vypadat. Nejrozšířenější formou scintilátorů jsou objemové krystaly. Jejich častý výskyt je odůvodněn srovnatelně malým počtem defektů. Konkurovat krystalům může také optická keramika, která je výrazně levnější. My ale jsme pracovali s mikrokrystallickými prášky, které jsou snazší ve výrobě.

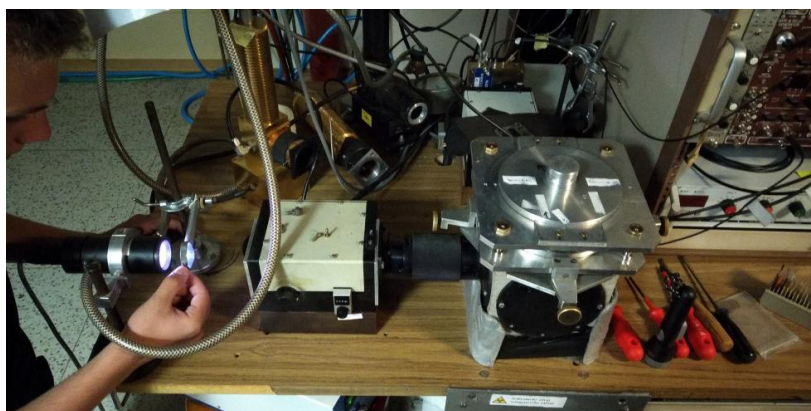


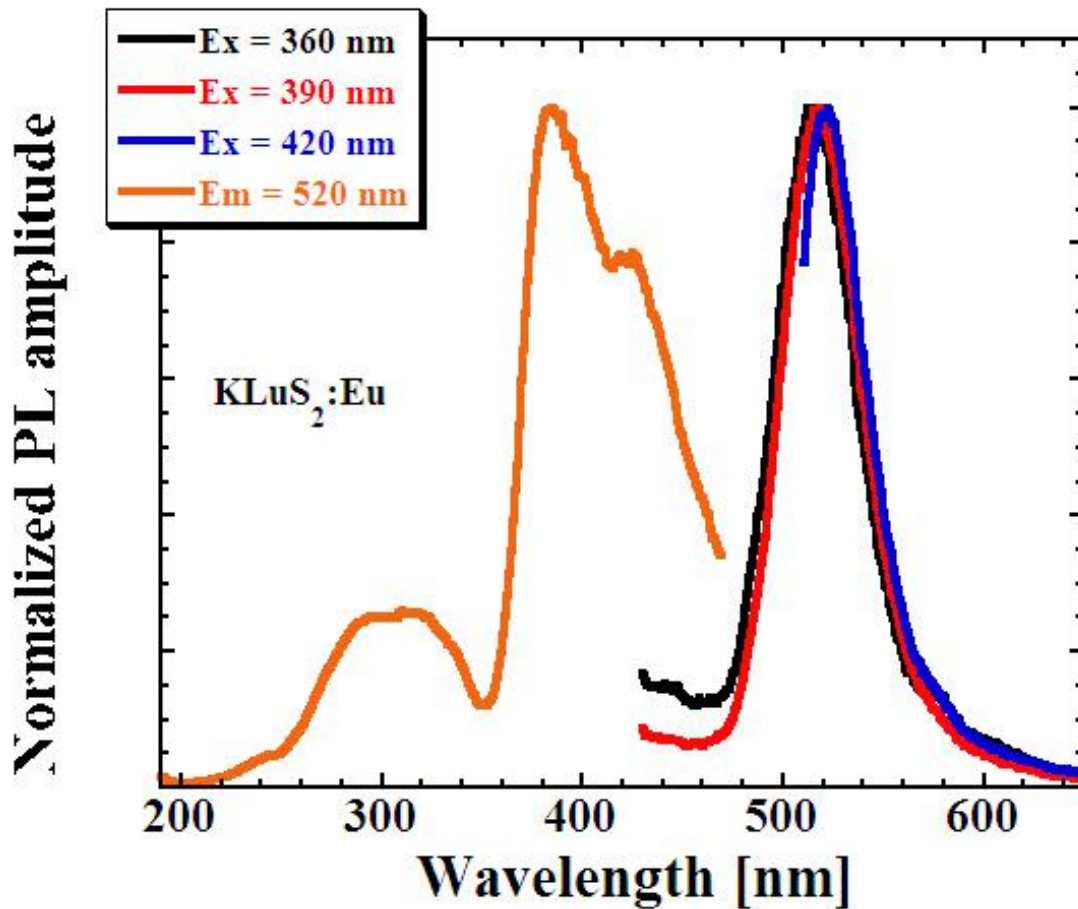
3.Princip scintilátorů

Elektron se v atomu může pohybovat jen po daných hladinách, které odpovídají povoleným hodnotám energie. Ve velmi početném souboru vázaných atomů (př. Krystalu) se hladiny spojí do tzv. energetických pásů, ve kterých se elektrony můžou nacházet. Taktéž se jim říká pásy dovolených energií. Také existují tzv. zakázané pásy. Pro nás je důležitý energeticky nejvyšší obsazený pás, nazývaný valenční, a nejnižší neobsazený pás, zvaný vodivostní. Mezi těmito pásy leží zakázaný pás. Po pohlčení vysokoenergetického fotonu nebo částice materiálem dojde k ionizaci atomů materiálu, tedy vytrhání záporně nabitých elektronů z atomu na jejichž místě se vytvoří kladně nabitě útvary, tzv. díry. Luminiscenční prvek není vždy hlavní prvek v krystalu. Někdy je potřeba dodat tzv. aktivátor. Jeho koncentrace může být velmi nízká ale výrazně změní vlastnosti krystalu.

4.Experiment

Měřili jsme na luminiscenčním spektrofluorimetru. Vzorek jsme nanесли na černou destičku a na tu jsme svítili 60W deuteriovou lampou s použitím monochromátoru. Všechna data byla měřena s použitím metod časově rozlišené luminiscenční spektrometrie, spektra jsou korigovaná na spektrální citlivost fotonásobiče a použitého zdroje UV záření.





Graf Č.1

5. Grafy

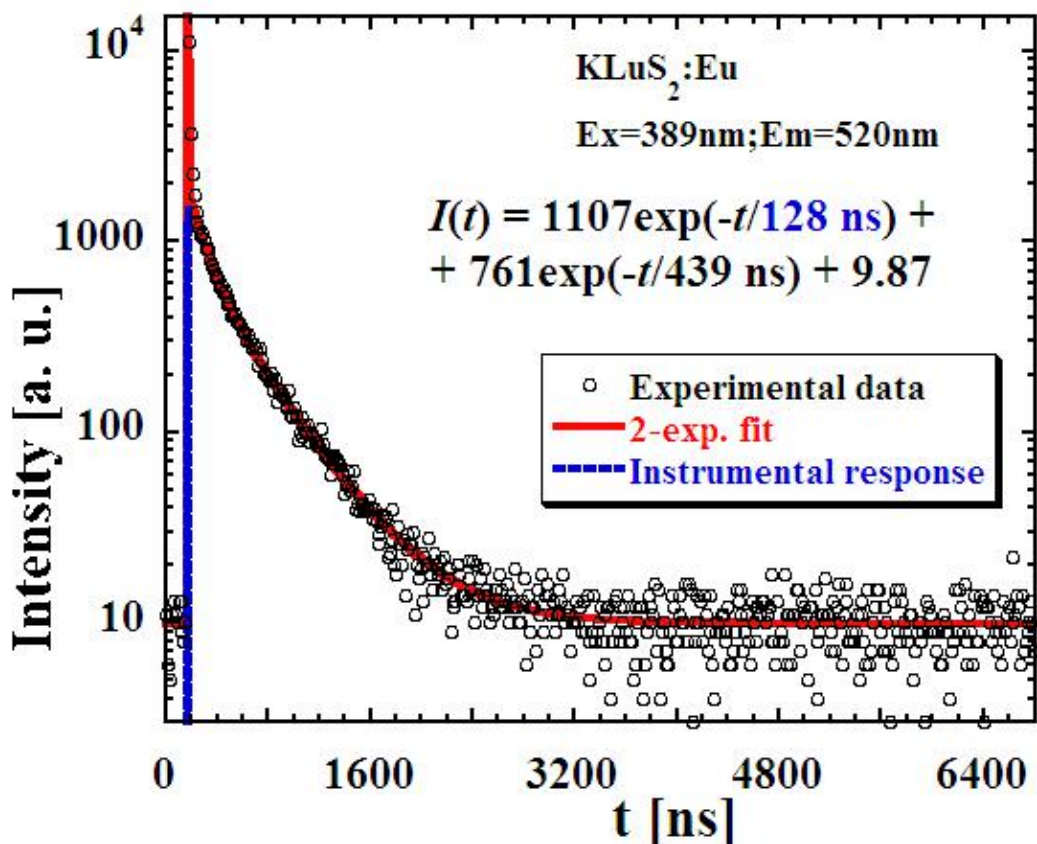
Na grafu Č.1 je vidět emisní spektrum vzorku KLuS₂:Eu, pro různé excitace od 360 nm do 420 nm. Spektrum je dominováno širokým pásem s maximem u 520 nm a tento pás je daný elektronovým přechodem Eu²⁺ aktivátoru v KLuS₂:Eu scintilátoru.

Dále je na grafu excitační spektrum vzorku KLuS₂:Eu pro emisi 520 nm. Ze spektra vyplývá, že nevhodnější vlnové délky pro vybuzení Eu²⁺ emise u 520 nm jsou v oblasti kolem 300 a 390 nm.

Na grafu Č.2 je pak dosvitová křivka vzorku KLuS₂:Eu pro excitaci 389 nm a emisi 520nm. Vidíme, že průběh poklesu intenzity není jednoexponenciální, ale dvouexponenciální a hodnota parametrů byla získána fitováním naměřených dat teoretickou rovnicí:

$$I(t) = A_1 e^{-t/\tau_1} + A_2 e^{-t/\tau_2} + \text{pozadí}$$

Kde $I(t)$ je intenzita emise v čase t , $A_{1,2}$ jsou amplitudy daných komponentů a τ doby života daného komponentu. τ je takový čas, za který poklesne intenzita emise v čase nula na hodnotu $1/e$.



Graf Č.2

6.Závěr

Byla proměřena fotoluminiscenční excitační a fotoluminiscenční emisní spektra vzorku, konkrétně KLuS₂:Eu. Emise daná elektronovými přechody Eu²⁺ iontu v prvním případě dosahuje svého maxima u 520 nm, v druhém případě pak u 510 nm. Kinetika dohasínání luminiscence ukazuje složitější dvouexponenciální průběh s dobami života 128 ns a 439 ns. Studovaný materiál má potenciál k využití ve scintilačních detektorech a při konstrukci laditelných zdrojů bílého světla.

7.Poděkování

Chceme poděkovat všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce. Dále velké díky patří našemu garantovi, Ing. Vítězslavu Jarému, Ph.D., za velkou pomoc a zajímavé a užitečné informace k dané problematice.

8.Referenece

- [1] JARÝ,V. - PEJCHAL,J.: Scintilátory kolem nás Středisko společných činností AV ČR, 2017.
- [2] L. HAVLAK - J. BÁRTA - M. BURYI - V. JARÝ - E. MIHÓKOVÁ - V. LAGUTA - P. BOHÁČEK - M. NIKL. Eu²⁺ Stabilization in YAG Structure: Optical and Electron Paramagnetic Resonance Study J. Phys. Chem. C 120 21751 - 21761 (2016)

Abstinent versus alkoholik: na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy

Kristýna Pechová - Gymnázium Joachima Barranda Beroun
kristynapechova2010@seznam.cz

Kristýna Vagnerová - Gymnázium a SOŠ Plasy
vagnerova01@seznam.cz

Václav Špička - Gymnázium Varnsdorf
abcvasa007@gmail.com

Tomáš Vendlberger – SPŠ Ostrov
T. Vendlberger@seznam.cz

Abstrakt:

Ionizující záření poškozuje biologické struktury živých organismů, zejména jejich DNA. Naším cílem bylo prozkoumat možnou ochranu DNA pomocí ethanolu. K tomu využijeme roztok plasmidové DNA reprezentující buňku. Po ozáření jsme použili elektroforézu pro analýzu poškození. Ethanol se ukázal jako účinný vychytávač.

Úvod

Jaderná katastrofa je jednou z nejvíce obávaných událostí posledních sta let. Ionizujícímu záření však nejsme vystaveni jen v tomto případě, setkáváme se s ním při léčbě některých druhů nádorů, při rentgenovém vyšetření, vyskytuje se v radioaktivních izotopech prvků jako je uran, radon a mnoha dalších a také ve slunečním i kosmickém záření z vesmíru. Země je před tímto zářením chráněna díky stínění atmosféry a magnetickému poli. To však neplatí pro kosmonauty ve vesmíru, které ohrožuje na životě.

Ionizující záření poškozuje biologické struktury živých organismů, neboť vede k ionizaci molekul, tedy k odtržení elektronů z elektronového obalu atomů. Ionizaci můžeme rozdělit na přímou a nepřímou, přičemž účinky přímé ionizace vychází z přímé absorpce ionizační energie jádrem buňky. K nepřímé ionizaci vede uvolňování volných radikálů z vody, které též reagují s buněčnými strukturami¹. Nepřímé záření je pravděpodobnější, a proto pro nás představuje větší hrozbu.

Nejzávažnější riziko, kterému organismus v tomto směru čelí, je narušení DNA a následná mutace. Při ionizaci hrozí poškození bází (adenin, guanin, cytosin, thymin) a jejich nesprávné propojení (cross-linky uvnitř DNA nebo mezi DNA a bílkovinami) a také zlom na vláknech DNA. V tomto případě pracujeme s plasmidem, stočenou částí DNA o velikosti 4361 bázových páru, která je v prokaryotických buňkách. U plasmidové DNA rozlišujeme jednoduchý a dvojný zlom. Jednoduchý zlom vede ke kruhové formě molekuly, dvojný zlom k linerární².

Existují způsoby, jak ionizaci organismu zabránit (stínění, velká vzdálenost od zdroje záření, či vyčkání, dokud radiace neklesne). Další možností je užití scavengerů, neboli vychytávačů, které omezují volné radikály a jejich vznik (např. thioly, vitamin E, vitamin C, alkoholy).

V našem experimentu jsme využili plasmid a ethanol v rozličné koncentraci. Za využití elektroforetické metody prozkoumáme různé formy poškození DNA na základě jejich pohyblivosti v gelovém nosném médiu.

Postup

Projekt byl realizován na Oddělení dozimetrie záření, Ústavu jaderné fyziky AVČR.

Pro ověření hypotézy, zda ethanol ovlivňuje riziko poškození DNA při vystavení ionizujícímu záření, jsme použili metodu agarózové elektroforézy. Principem této separační metody je pohyb záporně nabitých molekul DNA v elektrickém poli směrem k anodě, molekuly DNA se oddělují na základě rozdílných rychlostí, nepřímo úměrných jejich struktuře a velikosti³. Jako modelový vzorek DNA jsme použili plasmidovou DNA, která se nachází u bakterií (plasmid pBR322). Nejprve jsme si připravili agarózový gel pro elektroforézu, do nějž jsme přidali TAE pufr a fluorescenční barvivo SYBR Green I. Následně jsme se věnovali přípravě vzorků plasmidové DNA, ke kterému jsme přidali různá množství ethanolu o rozličných koncentracích (tab. 1), fosfátového pufru draselného a vody. Poté jsme vzorky plasmidů ozářili dávkou 50 Gy gamma

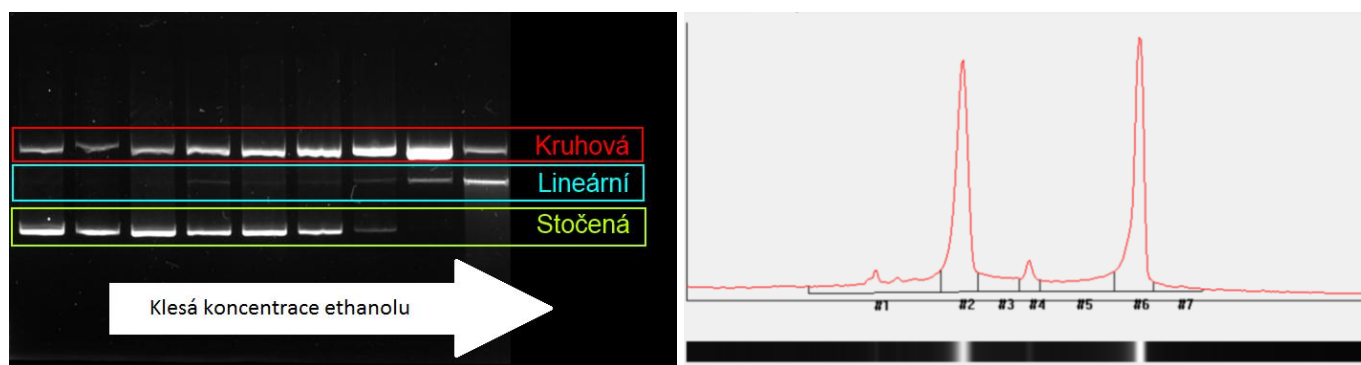
zdrojem ^{60}Co . Po 11 minutách a 9 vteřinách ozáření jsme dali vzorky chladit a pokračovali s vytvořeným gelem. Do předem vytvořených jamek jsme nanесли stejná množství vzorků plasmidů a pokračovali elektroforézou, která trvala 60 minut, během kterých došlo k migraci jednotlivých forem plasmidů, do vzdálenosti, která odpovídá míře poškození plasmidové DNA. Výsledný stav gelu z elektroforézy jsme digitalizovali z obrázku vyfoceného pomocí UV záření. Následně jsme výsledné hodnoty vyhodnotili v programu Luthien, kde jsme zintegrovali gel a vypočetli plochu píků spekter.

Tabulka 1 Koncentrace etanolu v jednotlivých vzorcích plasmidu

Vzorek plasmidu	Ethanol (objemová procenta)
1	25,000
2	10,000
3	2,500
4	1,000
5	0,250
6	0,100
7	0,025
8	0,010
9	0,000

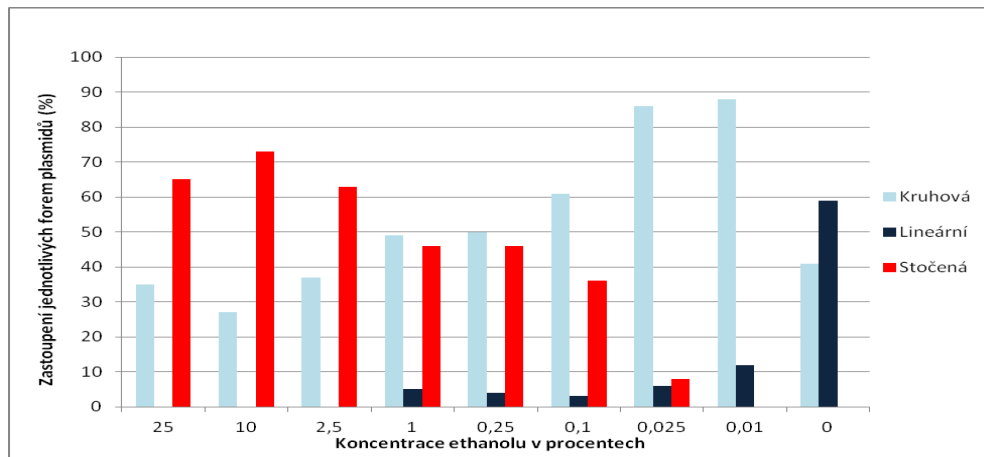
Na obrázku 1 vlevo gelu se zviditelněnými plasmidovými DNA pomocí fluorescenčního barviva můžeme vidět jednotlivé konformace, které vznikly následkem poškození ionizujícím zářením, každá odpovídá různému stupni poškození. Stočená DNA migrující nejvyšší rychlostí je nepoškozena, kruhová, nejpomalejší konformace vznikla následkem jednoho zlomu a lineární konformace je výsledkem dvojného zlomu. S klesající koncentrací ethanolu vymizí stočená forma plasmidu a naopak se objeví forma lineární.

Na obrázku 1 vpravo je příklad spektra vzorku s koncentrací 1 objemové % ethanolu. Pík 2 odpovídá kruhové formě, pík 4 odpovídá formě lineární a pík 6 formě stočené.



Obrázek 1 Gel s jednotlivými konformacemi plasmidu po ozáření v závislosti na koncentraci ethanolu (klesající ve směru šipky). Vpravo je ukázka spektra s 1 obj. % ethanolu.

Graf na obrázku 2 shrnuje zastoupení plasmidových konformací pro použité koncentrace ethanolu.



Obrázek 2 Zastoupení forem plasmidu v závislosti na koncentraci alkoholu

Závěr

Dospěli jsme k závěru, že ethanol zvyšuje odolnost plasmidové DNA vůči ionizujícímu záření díky své schopnosti vychytávat produkty hydrolýzy vody a tím potlačovat nepřímý efekt záření. Tento závěr se však nedá obecně vztáhnout na člověka užívajícího alkohol, proto bychom si nevsadili v případě jaderné katastrofy na alkoholika.

Poděkování

Rádi bychom vyjádřili vřelé díky Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za poskytnutí příležitosti, při které jsme se mohli podílet na tomto projektu a mnoha jiných zajímavých programech. Zároveň jsme vděční všem organizátorům této akce a pracovníkům Oddělení dozimetrie záření Ústavu jaderné fyziky AV ČR. Konkrétně Ing. Kateřině Pachnerové Brabcové Ph.D. za vedení a veškerou pomoc.

Reference:

- [1] VON SONNTAG C.: Free-radical-induced DNA damage and its repair, a chemical perspective, Springer, Heidelberg 2006.
- [2] KUNA P. – NAVRÁTIL L.: Klinická radiobiologie, Manus, Praha 2005.
- [3] GARFIN D.E.: Electrophoretic methods, Academic Press, 2000.

Mumie vs. zombie, aneb Na koho si vsadit v případě jaderné katastrofy?

E. Grolmusová ¹, J. Frühauf ²;

odborný garant Anna Michaelidesová

¹Bilingválne gymnázium Milana Hodžu, Sučany

²Gymnázium a SOŠ dr. Václava Šmejkal, Ústí nad Labem

Jardafrufu@seznam.cz

Erika.grolmusova@me.com

Abstrakt:

V tomto mimiprojektu jsme se snažili prozkoumat dopady ionizujícího záření na DNA ve vysušeném (mumie) a v hydratovaném stavu (zombie) použitím izolované plasmidové DNA. Výsledků bylo dosaženo vystavením plasmidové DNA různým dávkám gama záření. Vzorky byly vyhodnoceny pomocí metody agarózkové gelové elektroforézy. Z našich výsledků vyplývá, že suché DNA, tedy mumie, je odolnější než DNA v vodním roztoku, tedy zombie.

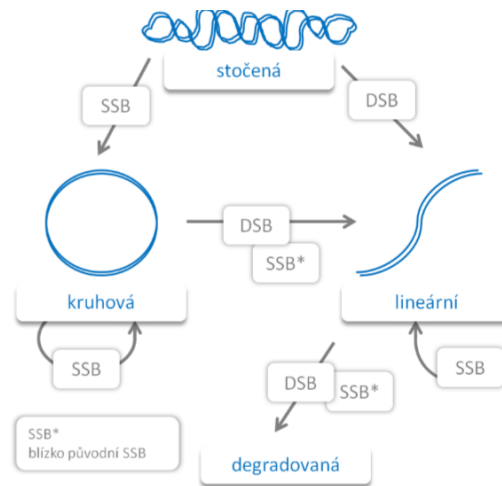
1 Úvod

Buňka je základním stavebním kamenem organismu a je složena z 40-60 % z vody. V jádře buňky se vyskytuje chromosomová DNA, neboli deoxyribonukleová kyselina. DNA je považována za nejcitlivější část buňky, závisí na ní totiž stav celého organismu. DNA může být kromě chromosomální i plasmidová, která se vyskytuje v bakteriích.

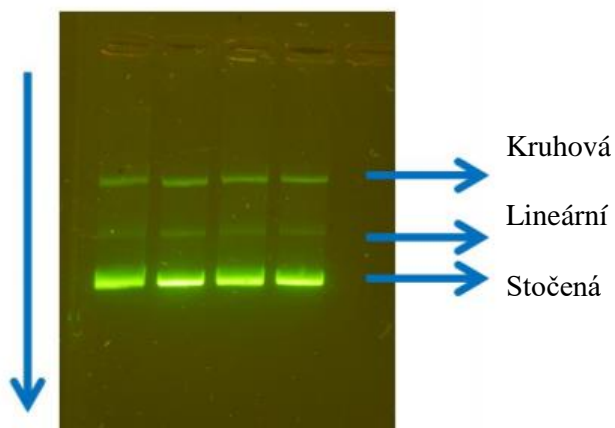
Plasmidová DNA se vyskytuje ve 3 různých konformacích:

- stočená
- kruhová neboli relaxovaná
- lineární.

Zdravá plasmidová DNA je ve stočené konformaci, a jak je vidět na obrázku 1, v případě přerušení pouze jednoho řetězce DNA vzniká konformace kruhová a při dvojném zlomu vzniká konformace lineární. V případě přerušení molekuly na více místech hovoříme o degradované DNA. Tyto konformace je možné rozdělit pomocí metody gelové agarózkové elektroforézy, což je znázorněné na obrázku 2.



Obrázek 1: Vznik jednoduchého a dvojného zlomu dvoušroubovice DNA (Převzato z [1]).



Existuje několik faktorů, které mohou DNA poškodit. Jedním z nich je ionizující záření. Ionizující záření může interagovat s molekulou DNA přímo či nepřímo díky reaktivních produktům při radiolýze vody.

Naším úkolem bylo prozkoumat, zdali se vysušená DNA poškodí vlivem záření více nebo méně než DNA v tekutém stavu, proto Mumie versus Zombie.

Obrázek 2: Rozdělení tří konformací plasmidové DNA metodou gelové agarózkové elektroforézy.

2 Postup

Použitá plasmidová DNA

Pro přípravu vzorků DNA byla použita plasmidová DNA typu pBR322. Molekula tohoto plasmidu je složena z 4361 bázových párů.

Příprava gelu

Pro přípravu agarózkového gelu se navážilo do kádinky 0,4 g agarózy a přidalo se 40 ml solného roztoku TAE 0,5X. Kádinka se poté vložila do mikrovlnné trouby a minutu se tekutina nechala vařit, dokud se agarózkový prášek nerozpustil. Po minutě, se kádinka přesunula na vařič, kde byla tekutina ještě povařena při stálém míchání. Dále se do uvařeného gelu přidaly 4 μl SYBR green, který slouží ke zviditelnění DNA pod UV lampou. Uvařený gel se poté přelil do formy s hřebínkem a nechal se hodinu chladit, aby ztuhnul.

Vzorky

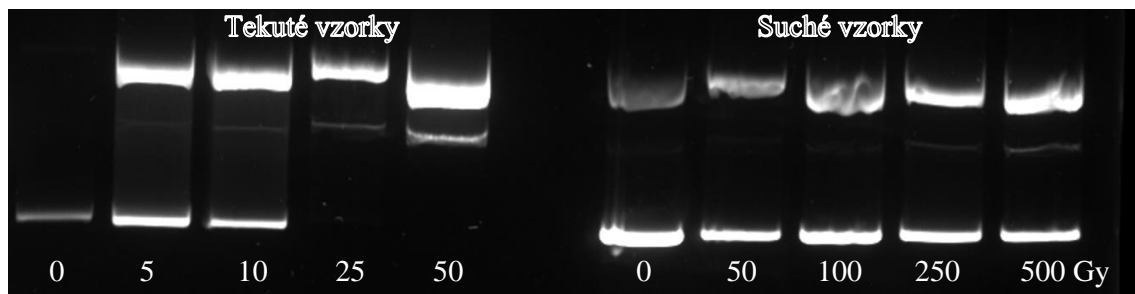
Suché vzorky byly připraveny a ozářeny den předem, vždy se 150 ng DNA na 3 μl , dále rozděleno do dvou kapek po 1,5 μl , ty se nechaly 30 minut sušit. Po ozáření byly rozpuštěny v 10 μl destilované vody a 2 μl barviva. Tekuté vzorky byly připraveny po 10 μl s 2,3 μl plasmidu, které odpovídalo 100 ng DNA a po ozáření se dodaly 2 μl barviva.

Ozařování

Vzorky jsme vystavili různým dávkám gama záření ze zdroje ^{60}Co s dávkovým příkonem $0,0484 \text{ Gy} \cdot \text{s}^{-1}$ v 5 cm ve vodě. Ozařování bylo provedeno v různých vzdálenostech pro ušetření času, suché vzorky byly umístěny na Petriho miskách a ozářeny dle čtvercového zákona a tekuté vzorky ve vodním fantomu, tudíž ve vzdálenostech dle kombinace čtvercového zákona a absorpce vody. Suché vzorky byly ozářeny dávkami 0, 50, 100, 250, 500 Gy po dobu 2 hodiny a tekuté dávkami 0, 5, 10, 25, 50 Gy po dobu 15 minut.

Elektroforéza

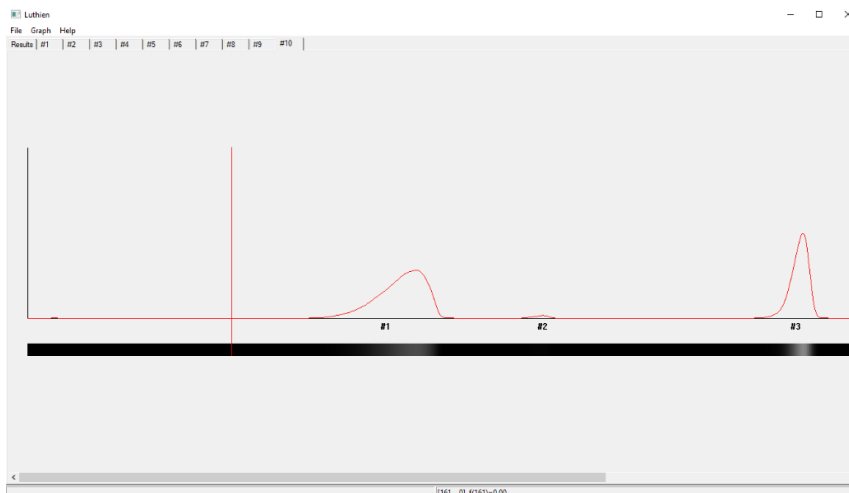
Po ozáření jsme vzorky pomocí pipet deponovali do jamek v gelu a ten jsme umístili do elektroforézy při napětí 100 V na 60 minut. DNA, nesoucí záporný náboj, začala migrovat ke katodě a rozdělila se do svých různých konformací. Po ukončení elektroforézy jsme gel vystavili UV záření a vytvořili fotografie pro analýzu výsledků programem Luthien.



Obrázek 3: Výsledný gel pod UV zářením.

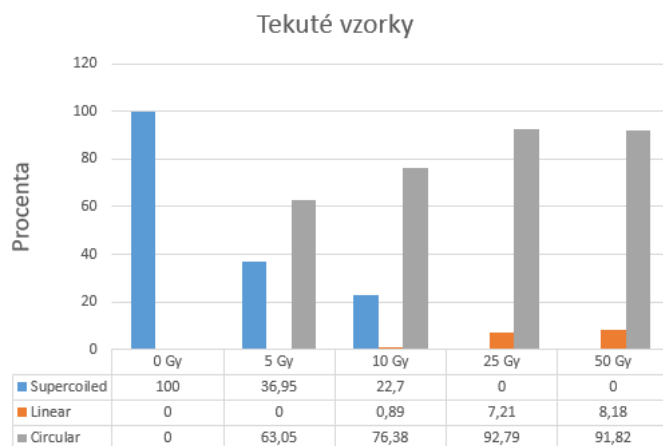
3 Výsledky

V programu Luthien se vždy vybrala oblast zájmu na gelu, tzn. jeden vzorek. Dle vybrané oblasti se v programu vykreslilo spektrum odpovídající danému vzorku. Příklad takového spektra je na obrázku 4. Toto spektrum znázorňuje množství dané konformace DNA v gelu.

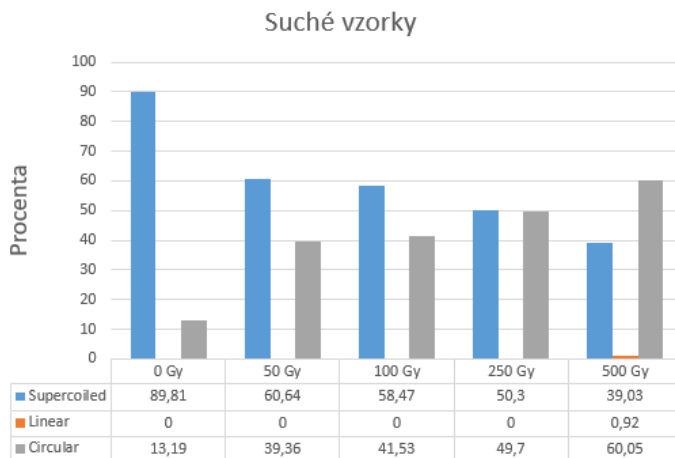


Obrázek 4: Množství DNA v různých konformacích znázorněné spektrem.

Píky ve spektru se pak označí a zintegrují, tím se získají hodnoty zastoupení různých konformací DNA ve vzorku. Bylo vyhodnoceno, že se počet stočených molekul DNA snižuje se zvyšující dávkou, mezitím se počet kruhových a lineárních molekul zvyšuje. Výsledky jsou vyobrazeny na obrázcích 5 a 6.



Obrázek 5: Výsledky integrace pro tekuté vzorky.



Obrázek 6: Výsledky integrace pro suché vzorky.

4 Shrnutí

Obecně jsme vypořádávali zvyšující se poškození DNA se zvyšující se dávkou. Největší poškození plasmidové DNA bylo vypořádáváno při ozáření v tekutém prostředí, z toho vyplývá, že spíše bychom si měli vsázet na mumie.

Poděkování

Děkujeme ÚJF AV ČR za zrealizování miniprojektu, FJFI ČVUT za plánování Týdne Vědy a Anně Michaelidesové za dozor a odborné garantování

Reference:

[1] ANNA MICHAELIDESOVÁ *DNA a radikály* 2013 Strana 3

(Hyper)komplexní čísla a fraktály

D. Komárek, F. Koňářík, T. Vondrák
Masarykovo gymnázium, Příbor,
Gymnázium F. Palackého, Valašské Meziříčí,
Gymnázium M. Lercha, Brno

dankomarek@seznam.cz, fik.konarik@email.cz, vondrak.thomas@gmail.com

Abstrakt

Práce pojednává o konstrukci komplexních fraktálů (jako jsou Mandelbrotova množina a Juliovy množiny), hyperkomplexních fraktálů (za pomoci kvaternionů) a matematikou, která je za konstrukcí těchto množin. U problematiky zobrazení hyperkomplexních množin se práce zabývá také redukcí dimenzí za pomoci lineárních podprostorů.

1 Úvod

V práci se zabýváme konstrukcí komplexních fraktálů a jejich zobecněním do vyššího číselného oboru. Fraktály jsou objekty vykazující podobné vlastnosti na různých škálách.

Jedním z nejznámějších fraktálů, jímž se zabýváme, je Mandelbrotova množina. Dalším příkladem fraktálů jsou Juliovy množiny, které jsou v jistém smyslu duální k Mandelbrotově množině.

Komplexní fraktály jsme poté zobecnili do čtyř dimenzí pomocí kvaternionů, což jsou čtyř-dimenzionální čísla, která zavedl W. R. Hamilton a používají se například pro reprezentaci rotací v třírozměrném prostoru.

2 Fraktály

Mandelbrotova množina

Jestliže $c = x + iy$, kde i je imaginární jednotka, $x, y \in \mathbb{R}$ a $i^2 = -1$, řekneme, že c je komplexní číslo, $c \in \mathbb{C}$. Mějme posloupnost

$$z_{n+1} = z_n^2 + c, \tag{1}$$

kde $z_0 = c$ (nazýváme to nultou iterací) a $n \in \mathbb{N}$.

Do Mandelbrotovy množiny potom patří taková čísla c , pro něž je posloupnost (1) omezená. Při vykreslování je hledána taková iterace n , pro kterou nastane: $|z_n| > 2$. Takové c do množiny nepatří. Nalezená hodnota n je použita pro obarvení daného bodu. [2] (Obr. 1a)

Juliova množina

Na rozdíl od Mandelbrotovy množiny je množina Juliova předepsána vztahem

$$z_{n+1} = z_n^2 + d, \quad (2)$$

kde d je libovolné komplexní číslo. Z toho vyplývá, že Juliových množin je nekonečně mnoho. (Obr. 1b)

Kvaterniony

Zobecněním komplexních čísel dostaneme čtyř-dimenzionální hyperkomplexní čísla – kvaterniony. Jejich tvar je následující: $q = a + b\mathbf{i} + c\mathbf{j} + d\mathbf{k}$, kde $a, b, c, d \in \mathbb{R}$ a $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ jsou imaginární jednotky, pro něž platí tyto vztahy:

$$\begin{aligned} i^2 = j^2 = k^2 &= -1 \\ ij = -ji &= k \\ ik = -ki &= -j \\ jk = -kj &= i, \end{aligned}$$

potom $q \in \mathbb{H}$. [1]

Hyperkomplexní fraktály

Rozšíříme-li předchozí množiny do vyšších dimenzí, tak dostaneme hyperkomplexní fraktály, což jsou čtyř-rozměrné množiny, které jsou definovány jako Juliovy množiny, kde $z, d \in \mathbb{H}$.

Lineární podprostory

Protože jsou hyperkomplexní fraktály čtyř-dimenzionální struktury, tak je třeba pro jejich zobrazení snížit dimenzionalitu množiny volbou vhodného lineárního podprostoru.

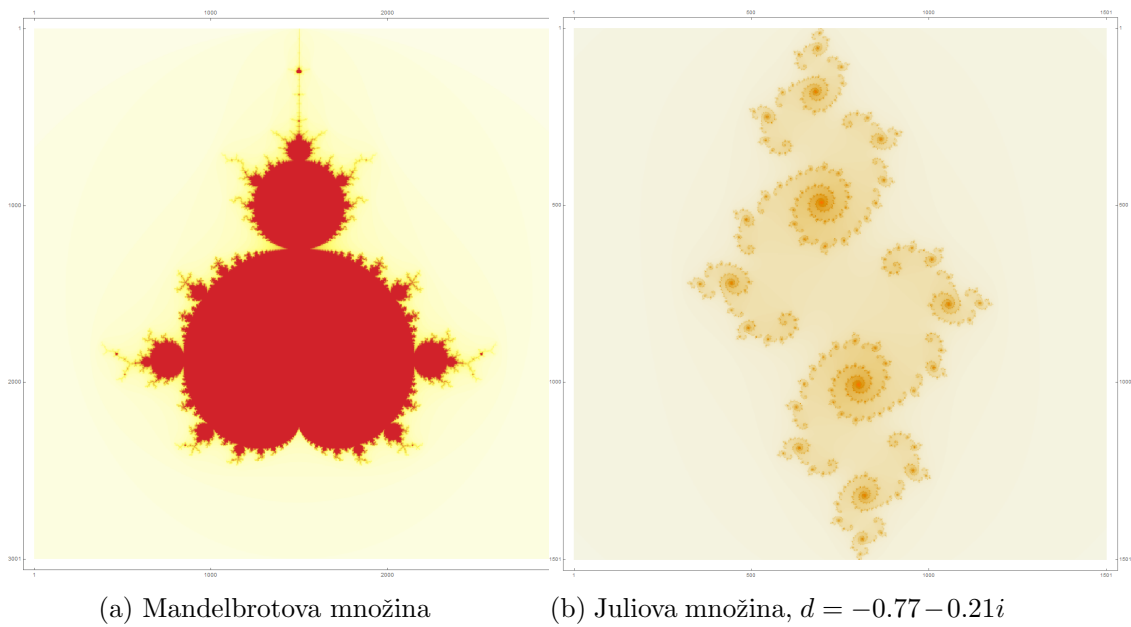
Mějme prostor všech n -tic reálných čísel $P = \mathbb{R}^n$ o dimenzi n . Chceme-li vytvořit lineární podprostor Q o dimenzi k , vezmeme všechny lineární kombinace lineárně nezávislých vektorů $(\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_k)$:

$$Q = \left\{ \sum_{i=1}^k a_i \vec{x}_i \mid a_1, \dots, a_k \in \mathbb{R} \right\}. \quad (3)$$

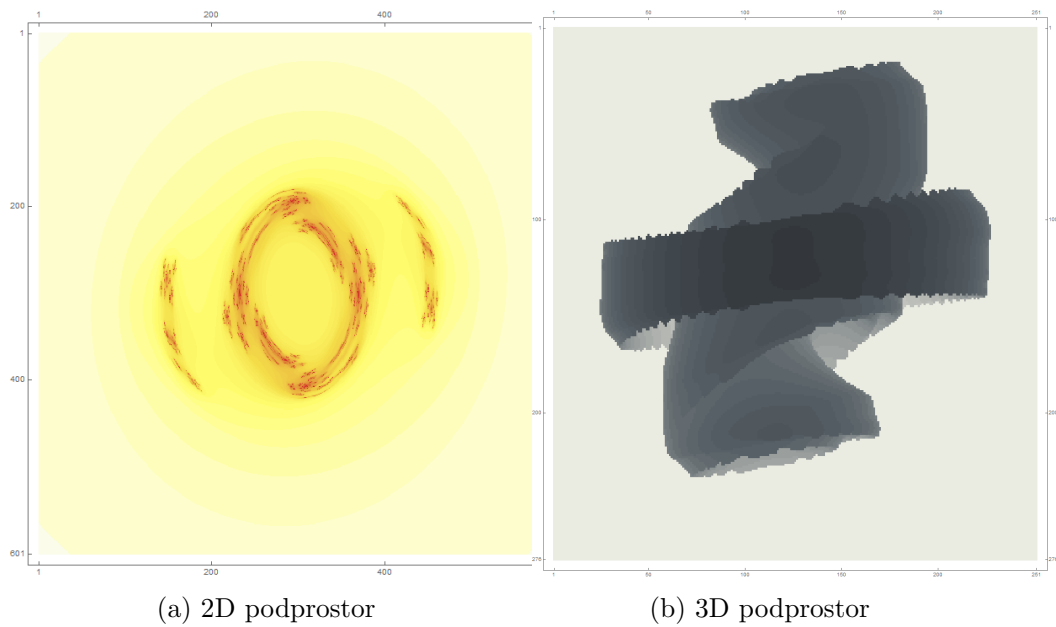
V našem případě byl potřeba tří-dimenzionální (Obr. 2a) a dvou-dimenzionální (Obr. 2b) podprostor, na němž jsme hyperkomplexní fraktál vykreslovali. [3]

3 Shrnutí

Za pomoci softwaru Wolfram Mathematica jsme vygenerovali obrazy výše zmíněných fraktálních množin. Zajímavé bylo, když jsme se snažili zkonstruovat podobu čtyř-dimenzionálního fraktálu v tří-dimenzionálním lineárním podprostoru, kdy jsme hledali v každém bodě předem určené roviny všechny vektory kolmé na danou rovinu, pro něž měla být iterace koncového bodu nejvyšší, takové body tvořily okraj fraktálu.



Obrázek 1: Komplexní fraktály



Obrázek 2: Hyperkomplexní fraktály, $d = -0.45 + 0.24i - 0.52j + 0.36k$

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za poskytnutí zázemí, Ing. Josefu Schmidtovi za odborný dohled a týmu TV@J 2018 za organizaci akce.

Reference

- [1] HAMILTON, William R., Sir. Elements of quaternions. London: Longmans, Green, & CO, 1866.
- [2] MANDELBROT, Benoit B. The fractal geometry of nature. San Francisco: W.H. Freeman, 1982.
- [3] PYTLÍČEK, Jiří. Lineární algebra a geometrie. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.

Fúzní neutrony v tokamaku Compass

Nela Sedláčková, Dominik Duchek, Ján Glut

duchek.dominik@post.cz, jano.glut@gmail.com, nelca.sedlackova@seznam.cz

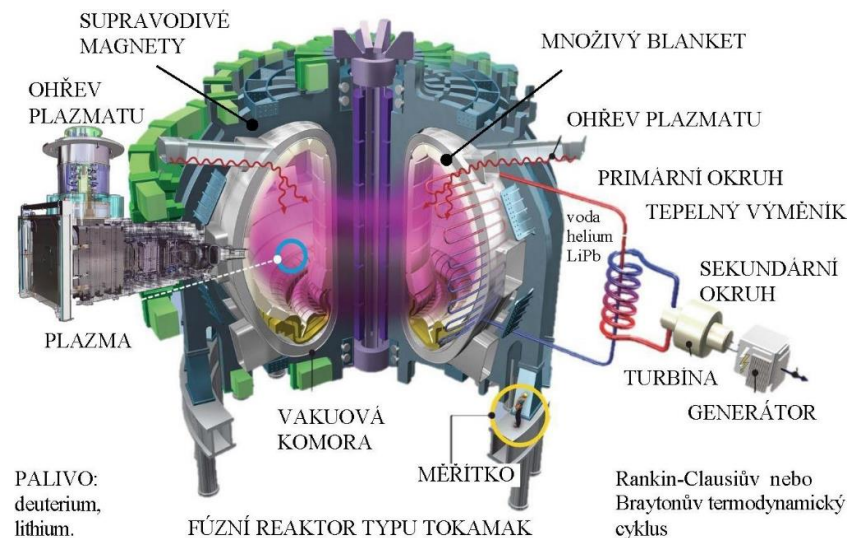
ABSTRAKT

Populace je stále hladovější ve spotřebovávání elektrické energie, ale momentálně nám již dochází možnosti dalšího rozvoje. Jako svatý grál se jeví termojaderná fúze, která generuje mnohonásobně více energie (než štěpná reakce) v podobě neutronů s vysokou energií. Fúze v tokamaku COMPASS je vysoko výkonný neutronový zářič a zkoumá využití nejen při „tradiční“ výrobě energie, ale zvažuje se i jako způsob, jak ozářit a znovu využít vyhořelé jaderné palivo.

1 Úvod

Pokud hledáme nejlepší a nejspolehlivější zdroj energie, termojaderná fúze je v současnosti jedním z nejnadějnějších kandidátů. Jde o reakci, kdy se lehčí atomová jádra slučují dohromady a vznikají těžší jádra. Při tomto procesu se uvolňuje energie, která pohání např. Slunce a všechny hvězdy a lidstvo se snaží napodobit tyto podmínky na zemi v tokamacích.

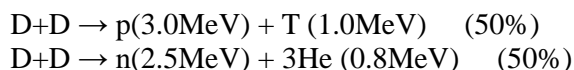
Tokamak je zařízení, které uchovává vysokoteplotní plazma pomocí magnetického pole. V tokamaku COMPASS jsou hlavním dodatečným ohřevem plazmatu svazky neutrálních částic NBI (Neutral Beam Injectors). Jedním z produktů termojaderné fúze při reakci 2 atomů deuteria jsou také neutrony, které jsou hlavním nositelem výstupní energie termojaderné fúze.



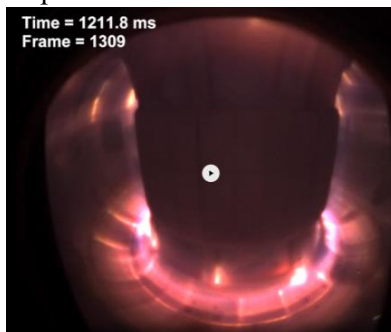
Obrázek 1 - průřez

2 Termonukleární fúze

Náš miniprojekt spočíval v analýze dat získaných při 5 shotech (16913, 16926, 16930, 16967, 17047) v tokamaku COMPASS. Při slučování jader deuteria docházelo k následující reakci:



Pracovali jsme s daty z plynových detektorů neutronů Chadwick a Oliphant, které fungují na bázi jaderné reakce a detekce produktů v plynovém proporcionálním počítači, do databáze se ukládají přímo časové a amplitudové souřadnice píků - signál zpracovává přímo elektronika detektoru (citlivost 0.9 cps/nv) (a). Neutrony jsou schopné uniknout z reaktoru díky tomu, že mají neutrální elektrický náboj. Z dat získaných z detektorů jsme schopni přibližně určit celkovou energii uvolněnou při reakci.



Obrázek 2 – výboj číslo 16 967

Postup při analýze výboje:

Chadwick detekoval c_1 neutronů a Oliphant c_2 .
Za předpokladu, že se neutrony šíří do všech směrů rovnoměrně a vzdálenosti detektorů od tokamaku je 5 m, jsme schopni vypočítat celkový počet neutronů uvolněných při reakci podle vzorce:

$$N = 4\pi r^2(c/\text{cps})$$

N....celkový počet neutronů
c.....počet neutronů na detektorech na cm^2
cps....citlivost detektorů (0,9 cps/nv)

Počet neutronů naměřených na Oliphantu je vyšší kvůli uzavření detektoru v polyethylenové nádobě (= moderátoru).

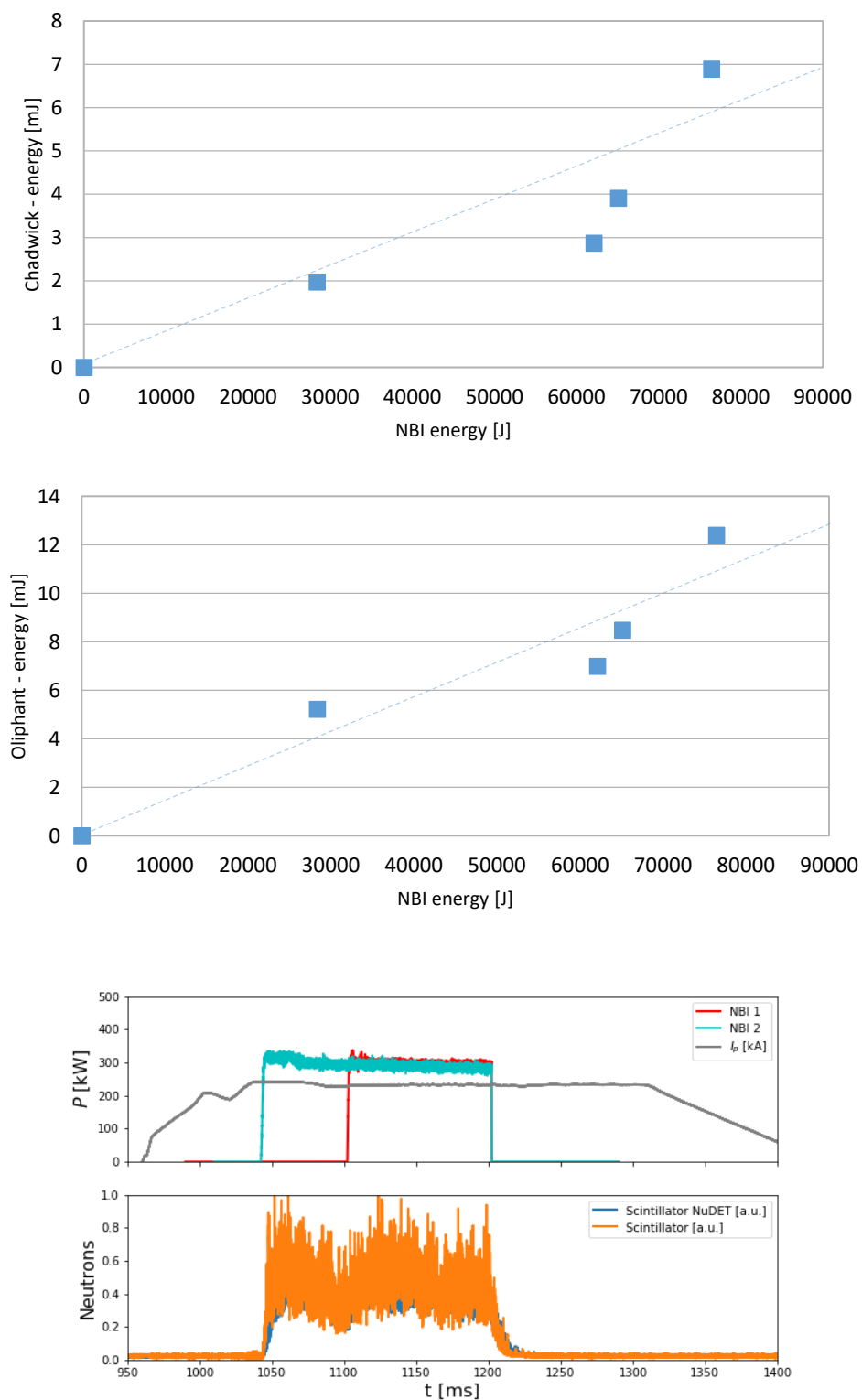
Z celkového počtu neutronů můžeme určit celkovou energii uvolněnou při reakci dle vzorce:

$$E = N \cdot E_{nr}$$

$$E_{nr} = 1,168 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

- celková uvolněná energie na 1 neutron (spočetali jsme si celkovou energii z obou reakcí a převedli jí z eV na J)

Celkovou uvolněnou energii jsme porovnávali s energií dodanou NBI1 a NBI2. Tuto závislost můžete vidět v následujících grafech:



Obrázek 3 – shot 16967, závislost počtu neutronů na čase provozu NBI

3 Shrnutí

Konečný výsledek nám ukázal, že při zvyšování dodaného výkonu se zvyšuje i počet fúzních neutronů. Tato vlastnost při dostatečné velikosti zvyšuje účinnost celé reakce. Cílem výzkumu termojaderné fúze je převýšení odebrané energie nad dodanou a díky této znalosti, kterou jsme právě dokázali, je tento cíl má již reálné základy (např. ITER) a energetika by se v blízké době mohla posunout na zcela novou a nevyčerpatelnou úroveň.

4 Poděkování

Jsme velmi vděční FJFI a ČVUT za tuto možnost si vyzkoušet vědeckou práci a zároveň vedoucímu našeho miniprojektu Ing. Ondřeji Fickerovi a Ing. Jaroslavu Čeřovskému za provázení a učení v, pro nás, neprozkoumaných vodách a trpělivost.

5 Reference

Obrázek 1 :

<https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/14704-zaklady-fuzni-energetiky-v-vyroba-elektriny>

Obrázek 2:

http://logbook.tok.ipp.cas.cz/index.php?show=shot&shot_no=16967

Obrázek 3 :

http://localhost:8891/view/Downloads/Neutrons_NBI_16967.png

a :

<http://localhost:8891/notebooks/Downloads/F%C3%BAzn%C3%AD%20neutrony%20na%20tokamaku%20COMPASS.ipynb>

Jak poznat dávku z barvy gelu?

Tereza Lišková
Kateřina Limburská
David Adámek

Vedoucí práce: Mgr. Hana Bártová
Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření

Týden vědy na Jaderce
FJFI ČVUT v Praze

V Praze 18.-19.6.2018

1 Úvod

Náš miniprojekt se zabíral tím, jak poznat dávku (radiace) pomocí gelového dozimetru. Vyřešením tohoto problému můžeme poznat přesnou dávku radiace, kterým byl objekt zasažen. Gelové dozimetry se využívají ve výzkumu průmyslu a medicíně.

2 Experimentální část

Příprava roztoků

Gelové dozimetry se dělí na dvě skupiny: a) polymerní b) radiochromní.. My jsme pracovali pouze s radiochromním dozimetrem.

Vytvářeli jsme frickeho gelový dozimetr za použití těchto látek: xylenová oranž, Mohrova sůl, kyselina sírová a želatina. Nejprve jsme si připravili zásobní roztoky pro 25 ml dozimetru. Potřebovali jsme zásobní roztoky o koncentracích:

- 2,5mM XO
- 1mM Mohrova sůl
- 50mM kyselina sírová
- 10% roztok želatiny

Dozimetr měl poté složení:

- 0,1 mM XO
- 0,5 mM Mohrová sůl
- 25 mM kyselina sírová
- 5% roztok želatiny

Výsledný roztok jsme rozlili do 6 kyvet.

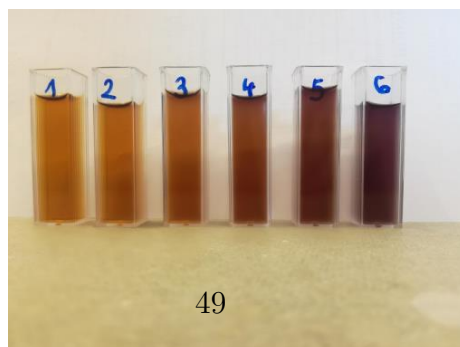
Ozařování

Ozařování celkem pěti kyvet probíhalo na ozařovači Gammacellu 220, který se nachází v suterénu budovy FJFI ČVUT. Jedná se o radionuklidový zdroj ^{60}Co , který má poločas rozpadu $T_{1/2} = 5,27$ let. S časem postupně klesá intenzita ionizujícího záření. Poslední kalibrace radionuklidového zdroje byla provedena 19.12.2017, kdy za 60 min byla vyzářena dávka 33,96 Gy. Od kalibrace uplynulo celkem 181 dní. Ze vzorce pro dávkový příkon,

$$D = D_0 \times e^{-\lambda \times t}$$

jsme vypočítali aktuální dávkový příkon pro datum měření 18.6.2018. Dávkový příkon činil 31,19 Gy/hod.

Jednotlivé kyvety měly být ozařovány po časovém intervalu 9 minut 25 sekund, kdy za tento čas byly dozimetry vždy ozářeny dávkou celkem 5 Gy. Kyvety jsme vložili do ozařovače a po zmíněném časovém intervalu vždy odebírali právě jednu kyvetu. Získali jsme tak sadu dozimetrů, které byly postupně ozářeny od 0 – 25 Gy.

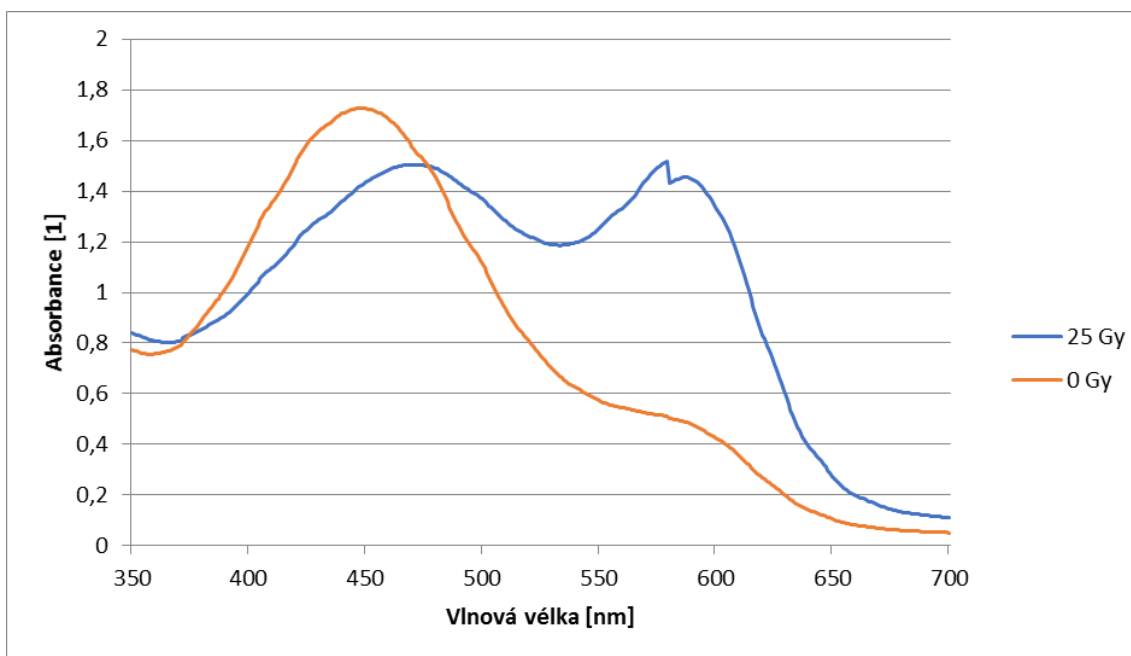


Vyhodnocení

Vyhodnocení jednotlivých dozimetrů bylo provedeno na spektrofotometru Helios Beta, kdy byl každý vzorek proměřen na vlnových délkách 350 – 750 nm po dobu 5 sekund. Výsledkem jsou dvě absorpční spektra, kde osa x znázorňuje vlnové délky v nm a osa y absorbancí. Absorbance A_λ je definována jako

$$A_\lambda = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

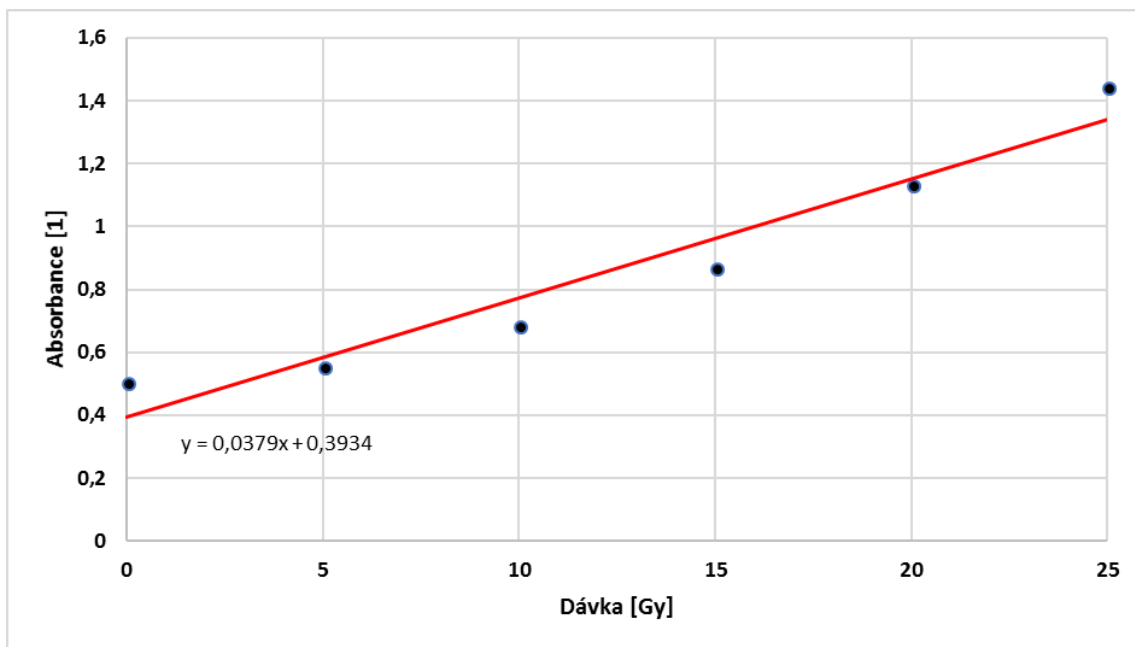
kde I je intenzita určité vlnové délky λ , které prošlo vzorkem a I_0 je počáteční intenzita toho světla dopadajícího na vzorek.



V grafu jsou znázorněna dvě absorpční spektra dozimetrů, které byly ozářeny dávkou 0 a 25 Gy. Pík na levé straně grafu je způsoben látkou xylenová oranž v dozimetru. Druhý pík na pravé straně se zvyšující se dávkou roste. Na vlnové délce 585 nm se nachází maximum píku dozimetru, který byl ozářen nejvyšší dávkou, dochází postupně ke zvyšování pohlcování viditelného světla, a nejvíce ozářený dozimetr tak propouští pouze modrou složku viditelného světla.

Dozimetry obsahují Mohrovou sůl, ve které se vyskytují železnaté kationty. Vlivem ionizujícího záření a volných radikálů v dozimetru se železnaté kationty oxidují na železité kationty. Dochází k tvorbě komplexů s xylenovou oranží a železitých kationtů, které mají modrou barvu, a dochází ke změně barvy dozimetru na modrou.

Pomocí spektrofotometru jsme změřili závislost absorbance jednotlivých dozimetrů na vlnové délce 585 nm. Komplexy železitých kationtů s xylenovou oranží pohlcují nejvíce záření o vlnové délce 585 nm. Výsledná závislost je vynesena do grafu, kde na ose x je znázorněna dávka ionizujícího záření v Gy a na ose y absorbance dozimetrů. Jedná se o závislost lineární, kdy se zvyšující se dávkou roste absorbance – pohlcování viditelného záření. S rostoucí dávkou dozimetry mění svou barvu od oranžové po modrou.



3 Závěr

Gelové dozimetry se dělí na polymerní a radiochromní. Práce se zabývá tvorbou radiochromních dozimetrů a následným jejich ozařováním v ozařovači Gammacell 220. Hlavními složkami dozimetrů jsou látky xylenová oranž, Mohrova sůl, kyselina sírová a želatina. Po ozařování jsme získali sadu šesti dozimetrů, které byly postupně ozářeny dávkami 0 – 25 Gy.

Ve spektrofotometru Helios Beta byla naměřena absorpční spektra jednotlivých dozimetrů v závislosti vlnové délky na absorbanci. Na základě spekter se s rostoucí dávkou ionizujícího záření v ozařovači tvoří v dozimetrech větší množství komplexů železitých kationtů s xylenovou oranží na vlnové délce 585 nm. Jedná se o lineární závislosti maxima píků na vlnové délce 585 nm.

Poděkování

Děkujeme naší vedoucí projektu Mgr. Haně Bártové za velkou ochotu a vstřícnost při práci na projektu na Týdnu vědy na Jaderce. Rovněž děkujeme katedře Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření FJFI ČVUT v Praze za umožnění práce na projektu s dozimetry.

Inženýrské bariéry pro ukládání radioaktivního odpadu

J. Kraus
Gymnázium Chomutov
Mostecká 3000
430 01

P. Štíbr
SPŠ Ostrov
Klínovecká 1197
363 01

D. Hovorka
SPŠ Ostrov
Klínovecká 1197
363 01

jiri-kraus@email.cz

patrikstibr@email.cz

czdahovorkacz@gmail.com

Abstrakt:

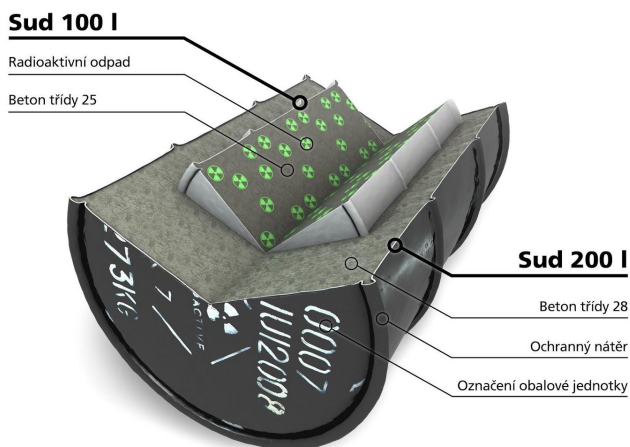
Cílem naší práce bylo zjistit, jakým způsobem bude reagovat těsnicí (tlumící) vrstva kontejneru s jaderným odpadem za předpokladu, že by do úložiště odpadu pronikla voda. Přesněji jaké látky se uvolní do vody z těsnícího materiálu a z vody do těsnícího materiálu. Jako těsnící materiál byl vybrán bentonit. Při experimentu jsme pracovali s osmnáct dní starým výluhem, který jsme podrobili atomové absorpční spektrometrii.

1. Úvod

Určitě každý z nás ví o jaderných elektrárnách a jejich využití, ale co s odpadem, který produkují? Dnes již máme několik úložišť, ale ty nejsou stálá. V současné době se po vzoru Finska plánuje výstavba jednoho trvalého úložiště i u nás.

Ukládání odpadů:

V dnešní době se radioaktivní odpad ukládá do barelů do vybudovaných skladišť, ale dnešní populace by se měla o tento problém více zajímat a vymýšlet nové způsoby ukládání.



2. Výměna látek mezi bentonitem a vodou

Objektem našeho experimentu byl osmnácti-denní výluh z bentonitu a granitové vody. Granitovou vodu jsme měli připravenou syntetickou, podle složení vody v pravděpodobné oblasti výstavby trvalého úložiště. Bentonit je jílová hornina, která se bude používat jako těsnící materiál při ukládání radioaktivního odpadu, dnes je známá jako kočkolit.

Měření s výsledky:

K měření jsme využili metodu, která má název atomová absorpční spektrometrie.

Naměřili jsme, jestli izolační materiál (bentonit), odebírá nebo přidává ganické vodě dané prvky:

Na (měření)

Původní obsah Na v ganické vodě	16,5 mg/l
Obsah Na ve vzorcích výluhu	17,67 mg/l
	17,52 mg/l
	27,223 mg/l
	28,19 mg/l
	54,254 mg/l
	55,973 mg/l
	74,3165 mg/l
	76,8616 mg/l

Výsledek: bentonit přidává vodě sodík

Mg (měření)

Původní obsah Mg v ganické vodě	8,3 mg/l
Obsah Mg ve vzorcích výluhu	18,158 mg/l
	18,605 mg/l
	17,058 mg/l
	18,423 mg/l
	18,469 mg/l
	18,552 mg/l

Výsledek: bentonit přidává vodě hořčík

K (měření)

Původní obsah K v ganické vodě	2,1 mg/l
Obsah K ve vzorcích výluhu	3,3211 mg/l
	3,2447 mg/l
	14,4943 mg/l
	15,0967 mg/l
	30,30288 mg/l
	31,255 mg/l
	36,5634 mg/l
	36,0471 mg/l

Výsledek: bentonit odebírá vodě draslík

Ca (měření)

Původní obsah Ca v ganické vodě	37,3 mg/l
Obsah Ca ve vzorcích výluhu	31,0772 mg/l
	34,2 mg/l
	12,075 mg/l
	13,475 mg/l
	7,325 mg/l
	6,5 mg/l
	7,35 mg/l

Výsledek: bentonit přidává vodě vápník

3. Závěr

Náš názor je takový, že betonit je velice užitečný a měl by se začít co nejdříve používat.

Poděkování

Velmi bychom chtěli poděkovat naší Ing. Barbora Drtinová, Ph.D. za odbornou pomoc při našem projektu. Dále děkujeme fakultě FJFI ČVUT za zorganizování této akce, a také naší škole SPŠ Ostrov za finanční podporu pro tuto akci.

Get ready for Krakatit

T. Wágner (1), T. Wenclofský (2)

(1,2) Střední průmyslová škola Ostrov, Klínovecká 1197, Ostrov

(1) tomasw2001@seznam.cz , (2) wenclofsky@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu v ELI Beamlines bylo ověřit správnost stínění plazmového rentgenového zdroje s pomocí radioaktivních zdrojů (Cs-137, Co-60).

V experimentální laboratoři jsme z jedné strany stěny stínícího boxu připevnili radioaktivní zdroj, poté jsme z druhé strany stěny boxu detektorem změřili velikost dávkového příkonu.

Následně jsme provedli Monte Carlo simulaci experimentu. Nakonec jsme naměřené a vypočtené hodnoty převedli do grafů a porovnali je.

1 Úvod

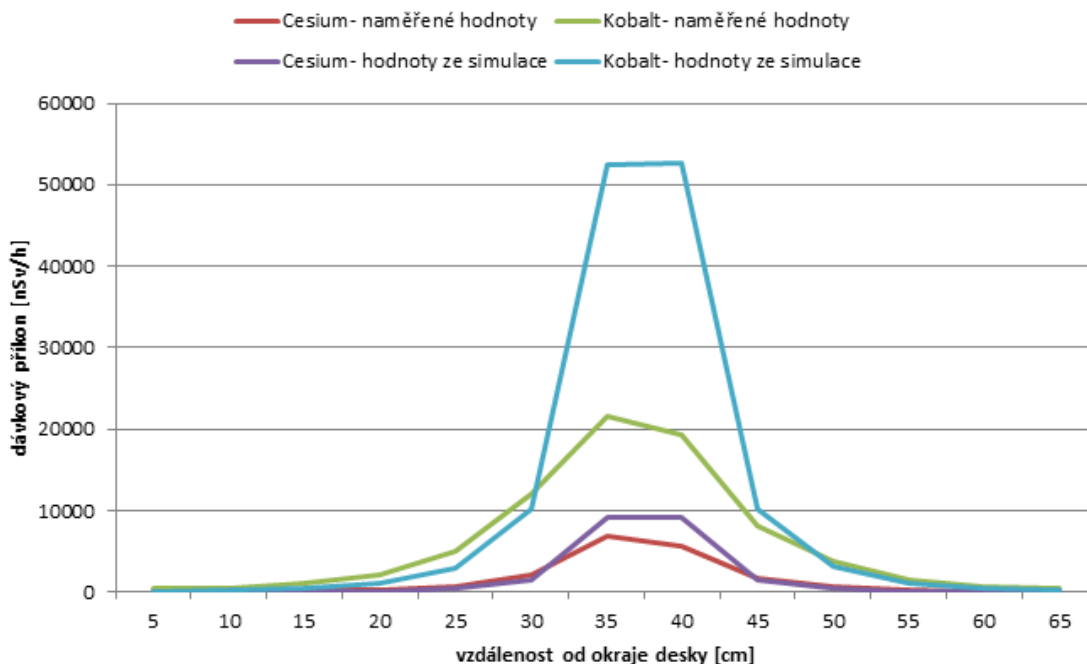
ELI Beamlines je výzkumné středisko nacházející se v Dolních Břežanech, které se chystá zprovoznit několik velmi výkonných laserů. Jejich uplatnění bude velice široké, rozvine naše poznání ve výzkumu astrofyziky, medicíny, průmyslu atd. Bude zde spuštěn nejvýkonnější laser na světě, Krakatit, s výkonem 10 PW. Momentálně je spuštěn laser L1 (Avoja), jedním z jeho cílů je produkce intenzivního pulzního rentgenového záření. Jelikož pracujeme s ionizujícím zářením, potřebuje co nejlepší ochranu proti záření, abychom zamezili nežádoucím vlivům. Jak se chovat při styku s ionizujícím zářením nám říká všeobecné pravidlo ALARA, které říká, že ozáření by mělo být „tak malé, jak jen to jde“ (As Low As Reasonably Achievable). Z toho důvodu se v experimentální hale E1 nachází stínící box, který má za úkol zeslabit záření.

2 Experiment

Naším úkolem bylo ověřit účinnost stínění tohoto boxu. Stěny boxu se skládají z vrstev oceli a olova, tudíž zeslabují fotonové záření. První částí experimentu bylo fyzické provedení pokusu v experimentální hale s čistými prostory, které si vyžadovaly jistá opatření ve formě čistoprostorových kombinéz. Na vnitřní stranu stěny boxu jsme umístili zdroj záření gama do výšky 130 cm, což odpovídá výšce rentgenového svazku generovaného laserem L1. Z druhé strany jsme ve stejné výšce měřili hodnoty dávkového příkonu detektorem Georadis RT-30 v různých vzdálenostech od zdroje. Jako zdroje jsme použili Cs-137 a Co-60. Ve druhé části jsme prováděli simulaci tohoto experimentu pomocí Monte Carlo kódu FLUKA s grafickým uživatelským rozhraním Flair. Nejprve bylo potřeba popsat prostředí, ve kterém probíhal experiment. To jsme provedli podle nákresu a dat, která jsme získali.

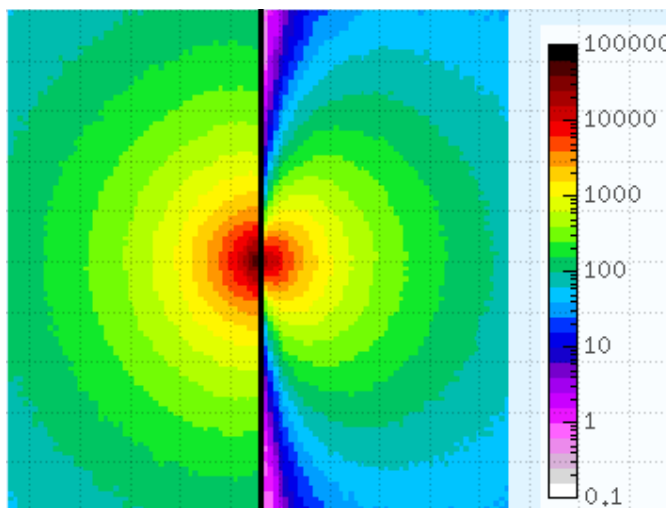
Výsledky

Výsledky ze simulací a experimentu jsou znázorněny na obrázku 1. Zdroj záření byl umístěn ve vzdálenosti cca 35 cm od okraje desky. Je vidět, že největší dávkový příkon je u zdroje.

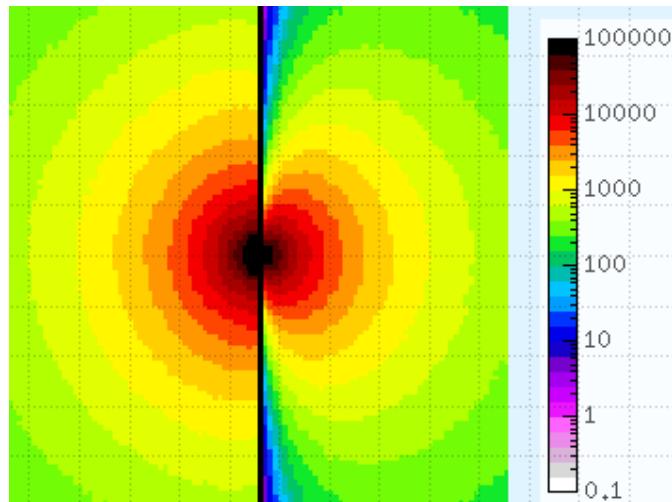


Obrázek 1: Dávkový příkon v různých vzdálenostech od okraje desky a zdroje záření.

Na obrázku 2 a 3 můžeme vidět šíření záření skrze stěnu boxu. Zdroj záření je umístěn na levé polovině obrázku. Svislá černá čára odpovídá stěně boxu, podél které jsme prováděli měření. Škála umístěná vpravo vyjadřuje dávkový příkon v nSv/h.



Obrázek 2: Šíření ionizačního záření produkovaného cesiem 137 skrz stínící stěnu boxu.



Obrázek 3 : Šíření ionizačního záření produkovaného kobaltem 60 skrz stínicí stěnu boxu.

Diskuze

Při vyšší vzdálenosti od zdroje se hodnoty vypočítané pomocí simulace a hodnoty naměřené téměř shodují, zatímco ve vzdálenostech nižších jsou rozdílné. Vypočítané hodnoty jsou u obou zdrojů v blízkosti zdroje vyšší než hodnoty naměřené. Vysvětlením může být to, že tloušťka stěny stínicího boxu může být vyšší, než udává výrobce. Díky tomu má stínění větší účinnost, než garantuje výrobce. Druhým možným vysvětlením by mohlo být to, že výrobce zkonstruoval stínicí box přesně, ale pro účely simulace nebylo možné zcela přesně zreplikovat podmínky experimentu: v simulaci nebyl zahrnut detektor, ani jeho rozměry. U vzdálenějších bodů jsou naměřené hodnoty vyšší než vypočítané, tento jev je způsoben přirozeným pozadím, které je v experimentální hale E1 40 nSv/h. Kobalt 60 má dvakrát větší energii fotonů, než Cesium 137, tudíž je zde vidět, že jeho záření proniká snadněji a víc.

3 Shrnutí

V rámci tohoto miniprojektu jsme provedli měření dávkového příkonu v různých vzdálenostech od zdroje a poté jsme tento pokus nasimulovali pomocí kódu Fluka. Zjistili jsme, že ve větších vzdálenostech jsou změřené a vypočtené hodnoty téměř shodné, ale ve větší blízkosti se hodnoty liší. Může to být způsobené tím, že tloušťka stínicího boxu je větší než jsme předpokládali a tedy stíní lépe. Druhá možnost je, že zadání simulace nebylo přesné.

Poděkování

Chceme poděkovat ELI Beamlines a především Vojtěchovi Stránskému za pomoc se vším a šanci zúčastnit se tohoto miniprojektu.

Reference

Oficiální stránky ELI Beamlines: www.eli-beamlines.eu

Oficiální stránky kódu Fluka: www.fluka.org

Kvantová chemie

Adam Červenka¹, Ivan Rishko², Karel Balej³

¹Masarykovo gymnázium, Jičínská 528, Příbor

adam.cervenka@gyPri.cz

²Základní škola, Nad Vodovodem 81/460, Praha 10

rishko2003@gmail.com

³Gymnázium a SOŠ, Mládežníků 1115, Rokycany

balejk@gasos-ro.cz

Abstrakt

V našem projektu jsme se zabývali teoretickými výpočty vlastností některých molekul za použití zákonů kvantové fyziky a přesností výpočetních metod. Pomocí speciálních programů jsme je napočítali a poté jsme teoretické výsledky porovnali s experimentálně zjištěnými hodnotami.

1 Úvod

Díky znalosti zákonů kvantové chemie se s rostoucím výkonem výpočetních technologií naskytla možnost místo experimentálních postupů počítat vlastnosti sloučenin teoreticky. Hlavním cílem tohoto experimentu je zjistit spolehlivost těchto výpočtů.

K počítání vlastností chemických prvků a sloučenin můžeme použít zákony kvantové fyziky. Konkrétně využíváme (bezčasovou) Schrödingerovu rovnici. Jedná se parciální diferenciální rovnici, jejímž vyřešením získáme vlnovou funkci ψ , která určuje stav systému. Pravděpodobnost výskytu částice v nějakém bodě udává druhá mocnina absolutní hodnoty této funkce v daném bodě. Tuto rovnici lze zapsat:

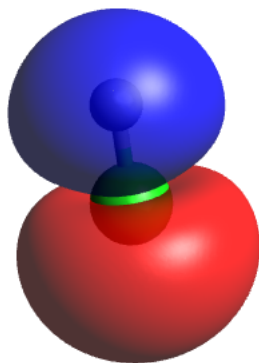
$$\hat{H}|\psi\rangle = E|\psi\rangle$$

Pravděpodobnost výskytu je tedy $\rho = |\psi|^2$.

Řešení této rovnice je obtížné a kromě několika výjimek se vždy řeší numericky pomocí výpočetní techniky. Právě neustálý pokrok v oblasti informačních technologií umožňuje počítat stále složitější sloučeniny. K samotným výpočtům se používá několik metod. V našich výpočtech jsme využívali základní metodu HF ("Hartree-Fock"), která využívá mnoho aproximací, například uvažuje, že jádra atomů jsou zafixovaná (což je snesitelná aproximace, kvůli jejich hmotnosti vzhledem ke elektronovému obalu, ale i tak tato metoda nezjistí všechnu energii vazeb systému). Samotný princip řešení Schrödingerovy rovnice spočívá v uvažování rozkladu vlnové funkce celého atomu či molekuly na dílčí funkce elektronů (formálně $\psi = \phi_1\phi_2 \dots$, tyto funkce se označují orbitaly), které dále uvažujeme jako součet funkcí ve tvaru $c_1f_1 + c_2f_2 + \dots$. Tyto funkce (jedná se většinou o Gaussovy funkce) se nazývají *báze* a jsou známé a uložené přímo ve výpočetním programu v počítači,

který pouze numericky hledá správné konstanty, aby našel stav s nejnižší energií. My jsme používali báze *aug-cc-pVDZ*.

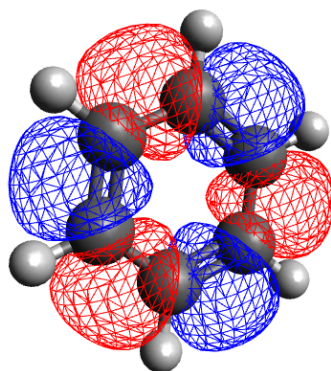
Výsledkem může být geometrie molekuly, rozložení elektronů v obalu, energie či třeba orbitály.



Obrázek 1: Orbital HCl

2 Software

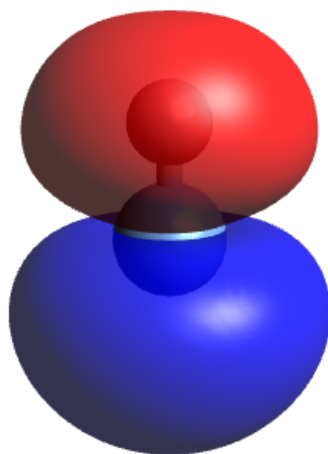
K výpočtům jsme použili specializované programy: *Avogadro* a *PSI4*. Avogadro slouží především ke 3D grafické vizualizaci molekul, ale má i jiné funkce, umí například i zobrazovat orbitály (vizte Obr. 2) nebo generovat vstupy pro PSI4, což jsme při práci využívali. PSI4 je program, který při předložení vstupu (ve formátu konfigurace molekuly a požadavků na výpočet) vygeneruje výstup, kam запиše požadované informace o molekule (například vibrační módy, vazebné energie a podobné). Umí také vygenerovat soubor formátu *.molden*, který obsahuje mimo jiné informace o orbitalech a který lze zpětně otevřít v Avogadru.



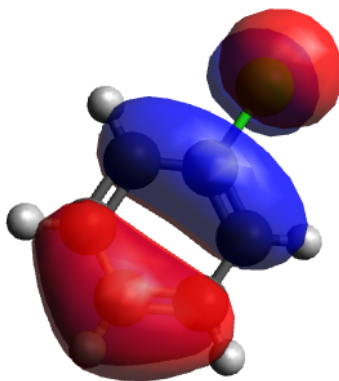
Obrázek 2: Orbital benzenu

3 Výsledky

Při naší práci jsme strávili velké množství času generováním a zkoumáním orbitalů sloučenin. Ukázky můžeme vidět na obrázcích 3 a 4.



Obrázek 3: Orbital HF



Obrázek 4: Orbital chlorbenzenu

Především nám ale šlo o porovnání vypočtených a tabulkových hodnot. Ty můžeme vidět v tabulce 1.

4 Závěr

Porovnáním hodnot v tabulce 1 jsme zjistili, že v některých případech se nám podařilo hodnoty spočítat přesně - přesnost výpočtu reakční energie chlorbenzenu je překvapivě dobrá. Nicméně například zrovna chyba výpočtu reakční energie vody svědčí o tom,

Tabulka 1: Hodnoty

Vlastnost	Teoretická hodnota	Tabulková hodnota
vazebná energie H ₂	338.234 kJ·mol ⁻¹	432.740 kJ·mol ⁻¹
reakční energie chlorbenzenu	131.123 kJ·mol ⁻¹	134.000 kJ·mol ⁻¹
reakční energie H ₂ O	380.580 kJ·mol ⁻¹	241.830 kJ·mol ⁻¹
vibrační frekvence HCl	3094.415 cm ⁻¹	2990.946 cm ⁻¹

že teoretické metody výpočtů nejsou dostatečně přesné a spolehlivé, abychom mohli teoretické hodnoty používat místo těch experimentálních. Nepřesnosti jsou způsobeny tím, že výpočty jsou náročné a že využívají velké množství aproximací, jejichž chyba se sčítá a může nabývat velmi velkých hodnot. Existují sice i přesnější metody než ty, které jsme použili, nicméně ty jsou nesrovnatelně náročnější na výpočetní výkon.

Poděkování

Děkujeme vedoucímu projektu Mikuláši Matouškovi za jeho podporu a pomoc při práci, FJFI ČVUT za umožnění existence projektu a MFF UK za poskytnutí prostor pro práci.

Reference

- [1] Avogadro <https://avogadro.cc/>
- [2] PSI4 <http://www.psicode.org/>
- [3] NIST <https://webbook.nist.gov/>

Programování na kvantovém počítači

P. Scheubrein*, M. Chmelař†, V. Michal‡, M. Němec§

Abstrakt

Předmětem našeho miniprojektu bylo seznámení se s teoretickými podklady metod kvantové informatiky a porozumění rozdílům mezi filosofiemi běžných křemíkových a kvantových počítačů. Implementací Deutschova algoritmu jsme dokázali výhodnost této technologie.

1 Úvod

S pomocí webového rozhraní kvantového počítače společnosti IBM[3] chceme implementovat nejjednodušší kvantový algoritmus, který svou podstatou ukáže vyšší efektivitu některých kvantových algoritmů ve srovnání s algoritmy běžných počítačů.

2 Qubit

Qubit je základní jednotkou kvantové informatiky. Ten, podobně jako standardní bit, může nabývat stavů $|0\rangle$ a $|1\rangle$, které se s pomocí prostředků lineární algebry dají zachytit jako vektory rovnoběžné s osami souřadné soustavy

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Na rozdíl od běžného bitu se však může qubit nalézat i v tzv. superpozici. Matematicky lze takový stav vyjádřit jako

$$\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle,$$

kde komplexní čísla α a β představují koeficienty jednotlivých stavů. Měřením se ztratí superpozice qubitu a ten se ocitne s pravděpodobností $|\alpha|^2$ ve stavu $|0\rangle$ a pravděpodobností $|\beta|^2$ ve stavu $|1\rangle$. Z toho důvodu musí platit rovnost $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$.

Pro dva qubity můžeme naměřit následující čtyři stavy:

$$|0\rangle|0\rangle = |00\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |0\rangle|1\rangle = |01\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |1\rangle|0\rangle = |10\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |1\rangle|1\rangle = |11\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Superpozici těchto čtyř stavů lze poté popsat výrazem

$$\alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle. \quad (2)$$

*Gymnázium Třebíč - petr.sche@seznam.cz

†Střední průmyslová škola Třebíč - chmelarm.99@spst.eu

‡Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha - vojta.michall@email.cz

§Gymnázium Brno, Vídeňská - michaelnemec47@gmail.com

3 Kvantová hradla

Pro hradla kvantového počítače je klíčová jedna vlastnost a to reverzibilita. Tuto vlastnost nemají všechna hradla normálních křemíkových počítačů. Reverzibilita v praxi znamená, že jsme schopni zjistit počáteční stav vstupního qubitu na základě znalosti použitého hradla a výsledného stavu. Kvantová hradla se stejně jako klasická hradla rozdělují na hradla, která mají jeden vstup (unární, z klasických např. NOT) a hradla se dvěma vstupy (binární, klasicky AND).

Operace na jednom qubitu

Pauliho hradlo X je kvantovým ekvivalentem klasické negace. Na svůj jeden vstupní qubit aplikuje operaci

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \begin{array}{l} X|0\rangle \longrightarrow |1\rangle \\ X|1\rangle \longrightarrow |0\rangle, \end{array} \quad (3)$$

obecně

$$X(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \longrightarrow \beta|0\rangle + \alpha|1\rangle.$$

Hadamardovo hradlo H aplikuje na svůj jeden vstupní qubit operaci

$$H = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}, \quad \begin{array}{l} H|0\rangle \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \\ H|1\rangle \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle, \end{array} \quad (4)$$

obecně

$$H(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha + \beta)|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha - \beta)|1\rangle.$$

Pomocí Hadamardova hradla je qubit v základním stavu převeden do superpozice. Aplikace dvou Hadamardových hradel za sebou zanechá qubit v nezměněném stavu.

Operace na dvou qubitech

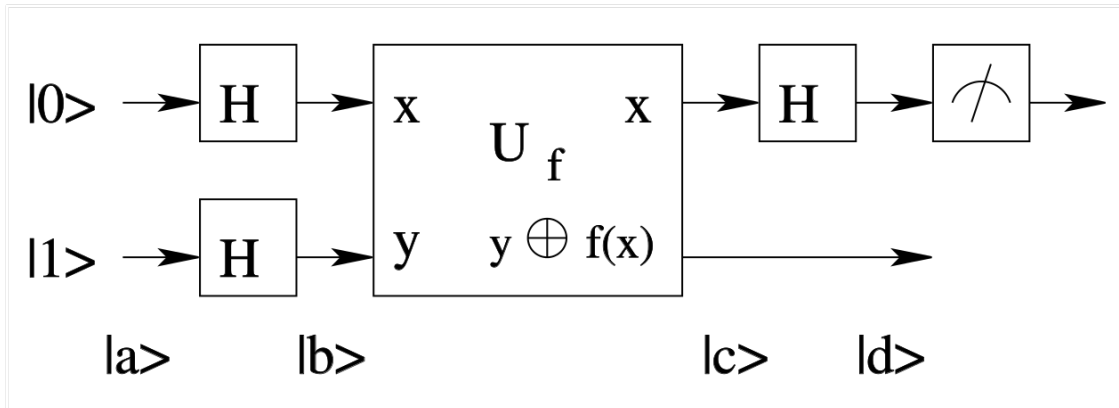
Hradlo CNOT provádí podmíněnou negaci, která změní stav druhého qubitu, pokud je první qubit ve stavu $|1\rangle$. Dochází tudíž k aplikaci následující operace

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \begin{array}{l} CNOT|00\rangle \longrightarrow |00\rangle \\ CNOT|01\rangle \longrightarrow |01\rangle \\ CNOT|10\rangle \longrightarrow |11\rangle \\ CNOT|11\rangle \longrightarrow |10\rangle, \end{array} \quad (5)$$

obecně

$$CNOT|x\rangle|y\rangle \longrightarrow |x\rangle|x \oplus y\rangle.$$

je patrné, že hradlo CNOT provádí výlučnou disjunkci svých dvou operandů a je tudíž analogií brány XOR běžných počítačů.



Obrázek 1: Schéma Deutschova algoritmu.

4 Deutschův algoritmus

Deutschův algoritmus byl vytvořen jako jednoduchý příklad řešení problému, který nelze vyřešit pomocí klasických algoritmů tak efektivně, jako může být vyřešen použitím kvantového počítače [1].

Problém je definován následovně: Funkce $f : \{0, 1\} \rightarrow \{0, 1\}$ je zaručeně buď konstantní, nebo balancovaná. Úkolem je zjistit, kterou z těchto vlastností taková funkce má [2].

Uvažujeme-li funkce pouze s jedním parametrem, pak je konstantní funkce taková, která nezávisle na vstupních parametrech vrací stále stejnou hodnotu a balancovaná funkce naproti tomu taková, která vrací 1 pro jednu hodnotu parametru 0 pro druhou hodnotu.

Pokud bychom chtěli řešit tento problém pomocí klasického algoritmu, musíme nezbytně vyčíslit funkci pro obě hodnoty parametru a porovnat oba výsledky. Rychlost výpočtu tedy bude limitována především dvojnásobným vyhodnocováním funkce f . S tím nám může pomoci právě Deutschův algoritmus. Pro jeho implementaci ovšem nejdříve musíme implementovat i funkci f v kontextu kvantových hradel. Takové funkce jsou 4:

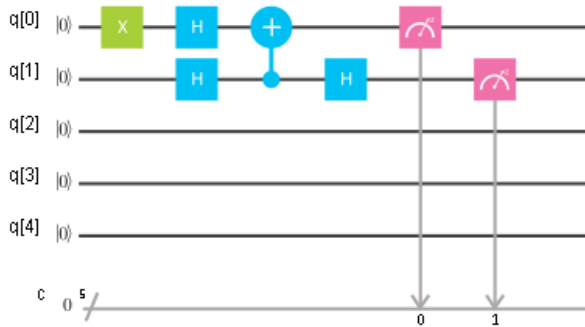
- Identita: $f(x) = x$
- Negace: $f(x) = \neg x$
- Pravda: $f(x) = 1$
- Nepravda: $f(x) = 0$

Konstantní funkce (pravda, nepravda) zároveň nemůže operovat na jednom qubitu, protože by nemohla být reverzibilní (nemůžeme určit jaké ze dvou původních hodnot nabýval parametr pokud výstup funkce nabývá pouze jedné hodnoty). Proto pro Deutschův algoritmus budeme pracovat se dvěma qubity x a y , kde x je vstup funkce f , a hledat funkci U_f jejíž výstup bude $y \oplus f(x)$ (viz Obrázek 1).

Na vstupu Deutschova algoritmu nastavíme qubit x na stav $|0\rangle$ a y na stav $|1\rangle$. Po průchodu algoritmem skončí qubit y v superpozici $\frac{|1\rangle+|0\rangle}{\sqrt{2}}$ a qubit x ve stavu $|0\rangle$ pokud byla funkce f balancovaná (3a) a $|1\rangle$ pokud byla konstantní (3b). Vlastnost funkce tedy určíme už po jednom spuštění algoritmu (3c), narozdíl od dvou spuštění (pro $f(1)$ a pro $f(0)$) pro klasický algoritmus.

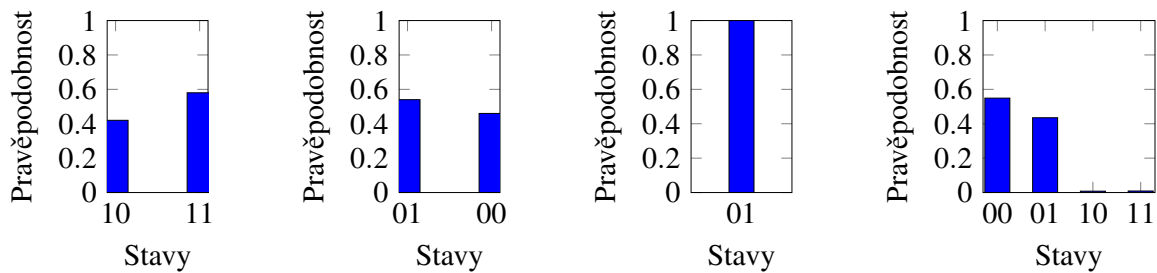
Tuto skutečnost jsme testovali implementováním algoritmů v prostředí IBM Q, kde jsme algoritmy pro všechny funkce simulovali a pro některé funkce i spouštěli na kvantovém počítači (3d).

Obrázek 2: Zapojení Deutchova algoritmu v IBM Q Experience s funkcí CNOT (balancovaná).



Obrázek 3: Výsledky simulací a reálného měření Deutchova algoritmu(různé funkce)

(a) Balancovaná fce. 100x (b) Konstantní fce. 100x (c) Konstantní fce. 1x (d) ibmqx4 1024x



5 Shrnutí

Teoreticky jsme navrhli, výpočtem ověřili správnost a v simulačním prostředí společnosti IBM úspěšně namodelovali několik kvantových obvodů. Námi implementovaný Deutschův algoritmus skutečně problém vyřešil efektivněji než běžný křemíkový procesor.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat naší odborné garantce Ing. Tereze Štefkové za skvělé předání vědomostí dané problematiky a za výbornou motivaci našeho týmu.

Reference

- [1] DEUTSCH, D., RICHARD, J. Rapid solution of problems by quantum computation. *Proceedings of the Royal Society A*, 1992, č. 439. ISSN 1364-5021.
- [2] CLEVE R., EKERT, A. Quantum Algorithms Revisited. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1996, č. 454. ISSN 1364-5021.
- [3] IBM, IBM Q Experience. <https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/experience>

Měření kosmického záření

E. Povolná, Gymnázium Česká Lípa
eliska.povolna@gmail.com

N. Bezúchová, Športové gymnázium Banská Bystrica
ninabezuchova@gmail.com

A. Socha, Gymnázium a SOŠ Frýdek-Místek
aleso.1@seznam.cz

M. Kiska, Bilingválne gymnázium Liptovský Mikuláš
matkokiska@gmail.com

D. Horák, Reálné gymnázium Prostějov
dombas1999@gmail.com

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo měřit kosmické záření a zjistit závislost na nadmořské výšce. Měření jsme provedli na palubě letounu L-410 Turbolet nad příbramským letištěm. Pro naše měření jsme využili dva typy detektorů – scintilační a polovodičový křemíkový – a získaná data následně zpracovali do grafů.

1. Úvod

Kosmické záření je jedno z mnoha, kterému jsme každým dnem vystavováni. Na rozdíl od ostatních druhů záření nepochází zdroj tohoto záření z naší planety. Těchto zdrojů je mnoho, od Slunce po kvasary. Největší část přichází z galaktických oblastí.^[1] Na povrchu Země je měření zkresleno tzv. terestriálním zářením. Toto záření nepochází z vesmíru, ale jeho původcem jsou radioaktivní přeměny pod povrchem.^[2]

Interakce ionizujícího kosmického záření s atmosférou způsobuje spršku částic, která sestává z různých druhů částic o různých energiích. Částice s nižší energií jsou zachyceny magnetickým polem Země a nasměrovány k pólům. Vysokoenergetické částice jsou schopné magnetické pole překonat a dopadnout i na jiná místa na povrchu. Z toho vyplývá, že na rozdílných místech planety jsou naměřeny různé intenzity – na pólech vyšší než na rovníku.^[3]

Nebezpečí nastává, když jsou organismy vystavené tomuto záření po delší dobu, neboť vysoké dávky tohoto záření mají nepříznivý vliv na organismy. Záření je monitorováno hlavně kvůli posádkám letadel, které tráví více času ve vyšších vrstvách atmosféry, kde je stínící efekt atmosféry menší a tím pádem jsou vystaveni větším dávkám než pozemní personál.^[4] Monitorování probíhá taktéž i u astronautů, kteří dostávají dávku záření ještě mnohem větší, především kvůli absenci stínění (na Zemi zajištěného atmosférou).^[5]

2. Praktická část

Metodika měření

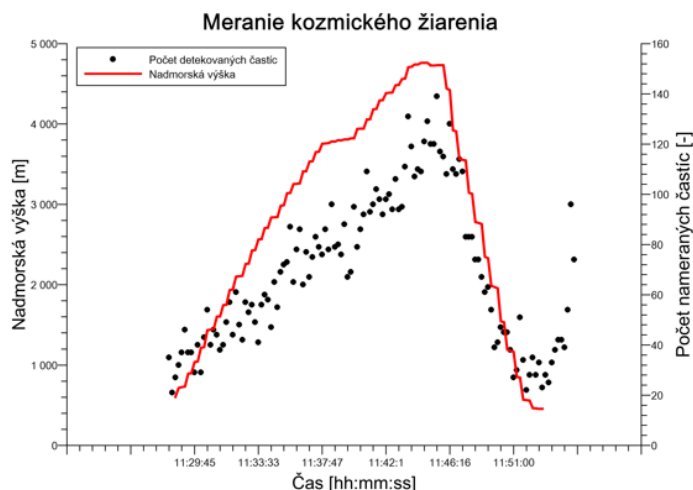
Měření ve výšce přes 4 kilometry nad zemí jsme uskutečnili díky Turboletu L-410 a dvěma typům detektorů.

První z nich, scintilační, založen na přeměně ionizujícího záření v scintilačním krystalu na viditelné světlo, které je zachyceno fotonásobičem a následně je elektronikou zpracován signál z detektoru.^[6]

Druhý, polovodičový křemíkový, v kterém vznikají ionty a elektrony interakcí ionizujícího záření s křemíkovou vrstvou. Vzniklé nosiče náboje indukují proud. Množství elektrického náboje, vzniklého ionizací křemíku, určuje energii předanou detektoru.^[7]

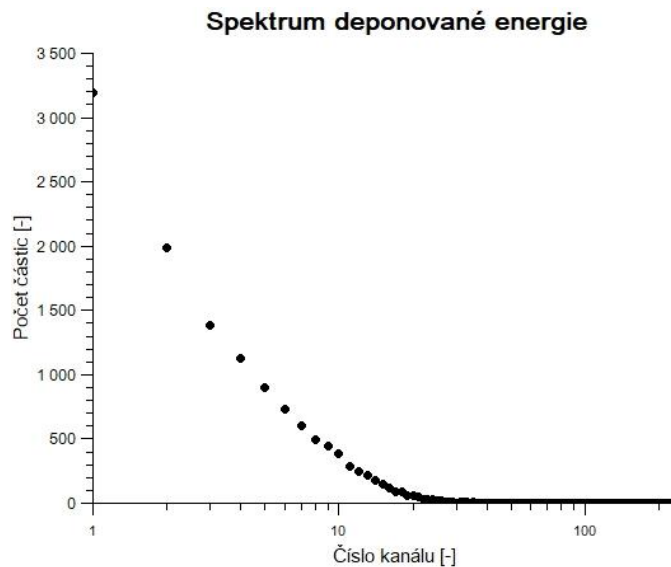
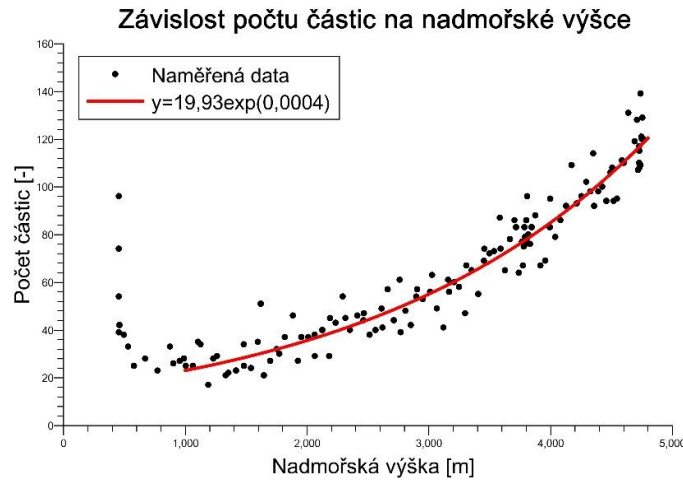
Výsledky měření

Jako první bylo nutné synchronizovat časy z obou detektorů a GPS, jelikož každý přístroj zaznamenával data v jiných intervalech. Následně jsme analyzovali získaná data. Vytvořili jsme grafy. Vzhledem k rozsahu měření však nemůžeme s jistotou říct, jakým způsobem tyto vztahy pokračují ve výškách nad 5000 metrů.



Graf 1: Průběh letu a počet zachycených částic

Z grafu 1 vyplývá korelace mezi nadmořskou výškou a počtem naměřených částic. V grafu 2 jsme zpracovali závislost počtu částic na nadmořské výšce. Vidíme zde také, že počet částic kosmického záření roste exponenciálně. U zemského povrchu se objevují zvýšené hodnoty – pravděpodobně terestriální záření, ale pro potvrzení této hypotézy bychom potřebovali více dat.



Data zahrnutá do *grafu 3* pochází z polovodičového křemíkového detektoru, který zaznamenával deponovanou (předanou) energii zachycených částic. Tento detektor nesnímal pouze během letu, ale nechali jsme jej zapnutý celé odpoledne, abychom získali větší množství dat. Jednotlivé události byly rozděleny do kanálů podle velikosti předané energie. Čím vyšší číslo kanálu, tím větší byla deponovaná energie. Nemusí to však znamenat, že částice ve vyšším kanálu měly větší energii než částice z nižších kanálů. Z grafu lze také vyčíst, že většina částic předala minimální množství energie.

3. Shrnutí

Během miniprojektu jsme získali podrobnější poznatky v oblasti ionizujícího kosmického záření. Abychom mohli provést měření, museli jsme nasednout na palubu letadla Turbolet L-410 a vzlítnout do výšky okolo 5000 metrů. Práce s detektory a následná analýza dat nám daly cenné zkušenosti.

Naměřili jsme exponenciální závislost počtu částic na nadmořské výšce. U povrchu jsme pravděpodobně detekovali i terestriální záření. To však nemůžeme říct s jistotou, neboť jsme neměli dostatečné množství dat.

Jsme rádi, že jsme se tohoto miniprojektu mohli účastnit a každému bychom jej doporučili.

Poděkování

Naše poděkování si hlavně zaslouží Marek Sommer za poskytnutou pomoc při vypracování tohoto miniprojektu a zařízení všeho potřebného kolem letu, Lenka Thinová za poskytnutý odvoz a celkovou organizaci projektu a také celý tým, který Týden vědy každým rokem posouvá na vyšší úroveň.

Reference:

[1]Kozmické žiarenie [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: https://sk.wikipedia.org/wiki/Kozmick%C3%A9_%C5%BEiarenie

[2]Terestriální záření [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Terestri%C3%A1ln%C3%AD_z%C3%A1%C5%99en%C3%A1_D

[3]Cosmic Radiation Exposure and Air Travel. Solar Storms [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://www.solarstorms.org/CanadaAirHealth.html>

[4]CALDERONE, Julia. Here's why airline crewmembers are classified as radiation workers [online]. 19.11.2015 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://www.businessinsider.com/airplane-flight-cosmic-radiation-exposure-altitude-2015-11>

[5]Why Space Radiation Matters [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/analogs/nsrl/why-space-radiation-matters>

[6]REICHL, Jaroslav. Scintilační detektory [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/854-scintilacni-detektory>

[7]DOLEŽAL, Zdeněk. Polovodičové detektory v jaderné a subjaderné fyzice [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/dolezal/teach/semicon/semi_p.pdf

Luminiscenční nanokrystaly: nový hit v medicínské diagnostice

L. Nechyba*, A. Kheková**, J. Stehlík***

*Gymnázium J. A. Komenského, Nové Strašecí; **Karlínské gymnázium, Praha 8; ***SPŠ Ostrov

*nechybaludek@seznam.cz; **khekova.anna@seznam.cz;
***honzastehla1@atlas.cz

Abstrakt:

Luminiscenční nanokrystaly se uplatňují v medicínské diagnostice. Konkrétní příklad je pozitronová emisní tomografie (PET), kde nanokrystaly mohou být základem detektoru. Důležitou vlastností takového detektoru je rychlá odezva. Rychlé odezvy lze dosáhnout zmenšením nanokrystalů pod určitou hranici, aby se začal uplatňovat efekt kvantového omezení. Cílem naší práce bylo připravit dostatečně malé nanokrystaly, což se projeví jejich modrou emisí, a toho jsme dosáhli.

1 Úvod

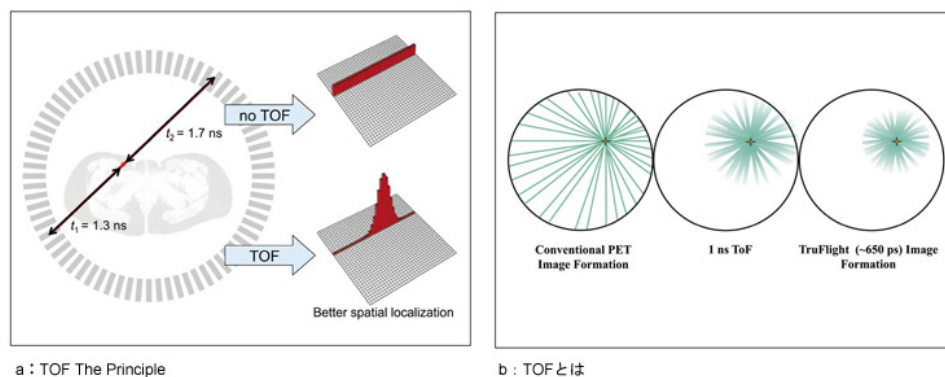
Za nanokrystaly označujeme částice z krystalického materiálu o rozměru v rozmezí 100 nm - 1 nm. Spodní hranice určuje rozhraní mezi krystalickou hmotou a molekulami. Změnou velikosti nanokrystalu lze cíleně měnit jeho fyzikální vlastnosti (především luminiscenční v důsledku uplatnění efektu kvantového omezení [1]).

Luminiscence je jev, při kterém se přeměňují určité typy energie (např. světelná, tepelná, chemická) na elektromagnetické záření s energií vyšší než jeho tepelné vyzařování [2].

U luminiscenčních nanokrystalů nás nejvíce zajímají vlastnosti související se schopností luminiscence. Jedna z těchto vlastností je tzv. doba dosvitu (= doba, jak rychle pohasíná světlo materiálu po vybuzení). Této vlastnosti se využívá u detektorů, u kterých je třeba velmi přesně zjistit dobu dopadu fotonu na materiál a posléze porovnat s ostatními dopady. Takového principu se využívá v medicíně u diagnostické metody TOF PET (*time of flight positron emission tomography*, pozitronová emisní tomografie s detekcí doby letu fotonů, viz Obr. 1).

Principem detekce je zaznamenávání dvojic fotonů, které od sebe odletí po přímce v důsledku interakce pozitronu s elektronem (tzv. anihilace). U PET (bez detekce doby letu fotonů) je zapotřebí více párů pro určení umístění objektu (průsečík přímek), zatímco u TOF PET v principu stačí jeden pár, jestliže má materiál použitý pro detektor dostatečně krátkou

dobu dosvitu. Z čehož plyne jednoznačný požadavek na luminiscenční nanokrystaly, aby byla doba dosvitu co nejkratší.



Obr. 1: Schématické zobrazení principu TOF PET, převzato z [3].

2 Experiment

2.1 Příprava

V prvé řadě jsme se všichni, včetně naší vedoucí miniprojektu, museli řádně připravit na práci v laboratoři. Byli jsme poučeni o bezpečnosti práce na pracovišti. Vzali jsme si laboratorní pláště a rukavice (latexové, případně nitrilové).

2.2 Chemikálie

- bromid olovnatý, PbBr_2 (99,999 %, Sigma-Aldrich)
- bromid cesný, CsBr (99,999 %, Sigma-Aldrich)
- kyselina olejová (>99 %, Sigma-Aldrich)
- oleylamin (70 %, Sigma-Aldrich)
- dimethylformamid (bezvodý, 99,8 %, Sigma-Aldrich)
- toluen (bezvodý, 99,8 %, Sigma-Aldrich)

2.3 Materiály a metody

Naším prvním úkolem bylo velmi přesně navážít na analytické váze s přesností na čtyři desetinná místa 2 různé látky: PbBr_2 , toho jsme navážili 0,1474 g. Jako druhou CsBr , které jsme navážili 0,0862 g.

Obě látky jsme nechali rozpustit v 10 ml dimethylformamidu (DMF). Pro urychlení rozpouštění látek (špatně rozpustné) jsme použili elektromagnetickou míchačku (cca 300 otáček/min), a to po dobu 1,5 hodiny.

Do roztoku jsme přidali oleylamin a rozmraženou kyselinu olejovou. Obě tyto látky jsou povrchově aktivní, a proto až budou vznikat nanokrystaly, navážou se na jejich a omezí tak jejich další růst. Roztok prekurzorů se viditelně zakalil.

Do každé ze dvou kádinek jsme si odměřili 40,00 ml toluenu. Do první kádinky s toluenem jsme přidali 4,00 ml již vytvořeného roztoku prekurzorů pomocí pipety. Druhou

kádinku jsme udržovali v chladu (ledová lázeň) a dále jsme také přidali 4,00 ml roztoku prekurzorů, ale pomocí rozprašovací pistole. U první kádinky jsme pozorovali zabarvení roztoku do žluta, zatímco roztok ve druhé kádince zůstal bezbarvý.

Nově vzniklé koloidní roztoky (= směs, která obsahuje částice o maximální velikosti řádově 10^{-8} m [4]) jsme odstředili v centrifuze po dobu 10 minut při rychlosti 5000 otáček za minutu, abychom z nich vyloučili největší částice. Ty se viditelně usadily na dně zkumavky a použili jsme je na další pokus následující den.

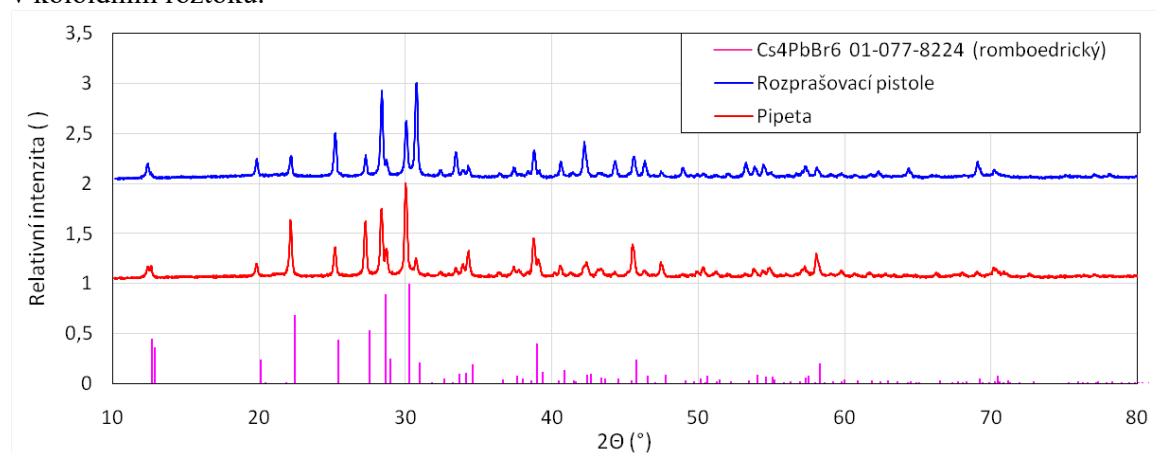
Centrifugou upravené koloidní roztoky jsme dále ředili v poměru 1:10 s toluenem, z důvodu zpomalení růstu nanokrystalů. Výsledné zředěné koloidní roztoky jsme dále podrobili zkoušce pod UV světlem a pozorovali rozdíly mezi nimi. Poté jsme je uložili do ledničky, abychom opět zpomalili růst nanokrystalů.

Největší částice, které se v předchozím pokusu na centrifuze usadily na dně zkumavky, jsme vysušili při teplotě 40°C a poté jsme je pomocí špachtle rozetřeli na skleněné podložky. Následně jsme vzorky vložili do přístroje, který provedl XRPD (= prášková rentgenová difrakce) s využitím měděné rentgenky s napětím 40 kV a proudem 15 mA. Vzorky jsme pomocí přístroje zkoumali pod úhlem 10° - 80° . Rychlost otáčení vzorku byla 2° za minutu s krokem $0,02^{\circ}$. Naměřená data jsme porovnali s kontrolní databází ICDD PDF-2 (2013) a určili jsme strukturu vzorku (romboedrický Cs_4PbBr_6). Poté jsme data zkorigovali na posun vzorku.

2.4 Výsledky a diskuse

Na Obr. 1 je záznam z XRPD vzorků připravených pomocí rozprašovací pistole a pipety. Porovnáním výsledků s databází jsme zjistili, že jsme připravili Cs_4PbBr_6 . Tento výsledek je v rozporu s pozorováním luminiscence vzorků pomocí UV svítilny, naznačující přítomnost CsPbBr_3 . Vzorek připravený s pomocí pipety (žlutý) při osvětlení UV zářením svítí modrozeleně. Vzorek připravený s pomocí rozprašovací pistole (bezbarvý) při osvětlení UV zářením svítí modře. V literatuře jsme našli, že CsPbBr_3 má emisní pás okolo 500 nm (zelená barva) a malé nanokrystal (3,8 nm) mají emisní pás okolo 460 nm (modrá). [5]

Z toho vyplývá, že jsme připravili Cs_4PbBr_6 , který obsahoval malý podíl CsPbBr_3 , který byl pod hranici detekce použité metody. Je možné, že většina připraveného CsPbBr_3 zůstalo v koloidním roztoku.



Obr. 1: Záznam z rentgenové difrakce připravených materiálů. Horní graf zobrazuje vzorek připravený pomocí rozprašovací pistole, prostřední graf zobrazuje vzorek připravený pomocí pipety a spodní graf představuje záznam z databáze ICDD PDF-2 (2013).

3 Shrnutí

Připravili jsme CsPbBr₃, jehož přítomnost jsme potvrdili zkoumáním luminiscenčních vlastností. Zároveň jsme připravili Cs₄PbBr₆, což jsme potvrdili metodou práškové rentgenové difrakce.

Předpokládáme, že nanokrystaly vytvořené pomocí rozprašovací pistole (modře svítící), mají malý rozměr [5]. S tím souvisí pojem tzv. efektu kvantového omezení. U větších částic (zeleně svítící) se tento efekt tolik neprojevuje, ale posun emise do modré oblasti naznačuje, že částice jsou již tak malé, že se efekt kvantového omezení uplatňuje. Z toho lze vyvodit, že jejich doba dosvitu bude kratší. Podrobné vysvětlení jevu lze najít v literatuře, např. [1]. Proto jsou tyto nanokrystaly vhodným kandidátem pro využití v detekčním systému pro TOF PET.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Ing. Kateřině Tomanové za pomoc a předání znalostí. Také děkujeme organizačnímu týmu TV@J a především Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. Významnou pomocí nám byl Ing. Jan Bárta, Ph. D. za objasnění rentgenové difrakce. V poslední řadě děkujeme doc. Ing. Václavu Čubovi, Ph. D. za odbornou konzultaci.

Reference:

- [1] TOMANOVÁ, K. *Syntéza lumiscenčních core-shell materiálů, diplomová práce*, FJFI ČVUT v Praze 2018.
- [2] BLASSE, G., GRABMAIER, B. C. *Luminiscent materials*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994.
- [3] *Princip TOF PET*. [online]
<http://www.innervision.co.jp/suite/philips/technote/080450/index.html> [19.6.2018]
- [4] BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav, skriptum*, VŠCHT 1999
- [5] PROTESESCU, L., YAKUNIN, S., BODNARCHUK, M. I., KRIEG, F., CAPUTO R., HENDON, C. H., YANG R. X., WALSCH, A., KOVALENKO M. V. *Nanocrystals od Cesium Lead Halide Perovskites (CsPbX₃, X = Cl, Br and I): Novel Optoelectronic Materials Showing Bright Emission with Wide Color Gamut*, Nano Letters, 2015, 3692-3696.

Malá velká data

A. Horák*, F. Svoboda**, M. Štefaňák***, Jakub Šuráň****
Střední průmyslová škola Třebíč, **Gymnázium Velké Meziříčí,
Gymnázium Jána Chalupku Brezno, *Purkyňovo gymnázium Strážnice
*horak.alda@seznam.cz, **svobofilip@seznam.cz,
michalstefanak22@gmail.com, *suranjakub@email.cz

Abstrakt

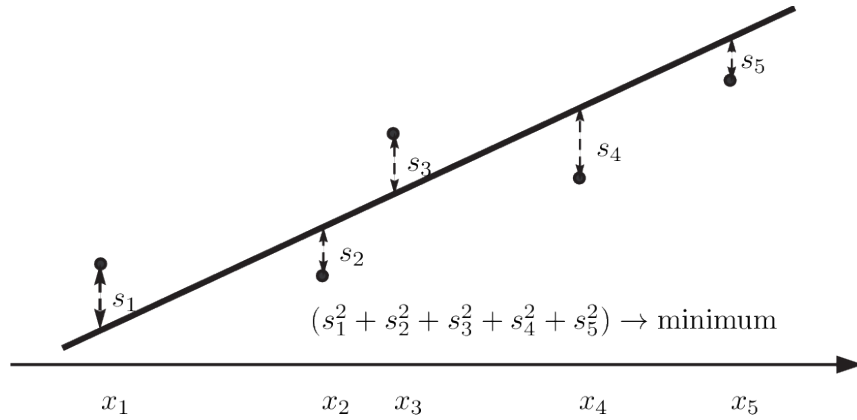
Cílem našeho projektu bylo seznámení se s jednoduchými metodami strojového učení a jejich aplikace na data ze serveru Kaggle.com. Metody jsme modifikovali pro dosažení nejlepšího možného výsledku.

1 Úvod

Data jsou v dnešní době součástí každého oboru a tyto data je potřeba zpracovat. K tomu se často uplatňují rozmanité metody strojového učení. Strojové učení je odvětví počítačových věd zabývající se učením se strojů ze zkušeností. Algoritmy automatizovaného učení uchopí existující data, přečtou je, pokusí se rozpoznat vzory, a z těch potom počítají odhady budoucích událostí. Na data jsme prvně aplikovali jednoduchou metodu nejmenších čtverců. Metodou lze řešit soustavy rovnic, které nemají konkrétní řešení. Nejmenší čtverce znamenají, že výsledné řešení má minimalizovat součet čtverců tedy odchylek vůči každé rovnici, a tak nalézt nejoptimálnější řešení. Naše výsledky jsme porovnávali s ostatními, což umožňuje server Kaggle.com. Postupným upravováním našich metod jsme se snažili dosáhnout co nejvyšších příček.

2 Kaggle

Kaggle je platforma pro prediktivní modelování a analytické soutěže. V nich mohou uživatelé využít svoje vědomosti na vytváření modelů pro předvídání a popis datových souborů. Soubory jsou nahrány uživateli a společnostmi, které nabízí odměnu nejlepším řešitelům daného problému. Celý server, data na něm a soutěže jsou volně přístupné komukoli. Účastníci soutěže musí předpovědět výsledky na základě vstupních dat. Výsledky zasláné soutěžícími jsou porovnány se skutečnými výsledky a je vypočítána jejich vzájemná odchylka. Na základě odchylky jsou zařazeni do žebříčku a ti nejlepší získají peněžní odměnu. Kaggle zároveň vytváří komunitu, kde si uživatelé můžou navzájem radit, diskutovat o svých metodách a rozvíjet svoje znalosti. Server je momentálně vlastněn společností Google.



Obrázek 1: Metoda nejmenších čtverců [1]

3 Metody

Vstupní data jsme převedli na matici X , kde je 12 zadaných vlastností materiálů, $d = 12$. Matice y reprezentuje hledané parametry, oba se vyhodnocují samostatně.

$$X = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^d \\ x_2^1 & x_2^2 & \dots & x_2^d \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_n^1 & x_n^2 & \dots & x_n^d \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}.$$

V množině reálných čísel jsme hledali koeficient α , tak aby

$$\min_{\alpha \in \mathbb{R}^d} \|y - X\alpha\|^2 \tag{1}$$

bylo co nejmenší (zde $\|z\|^2 = z_1^2 + \dots + z_d^2$ je norma vektoru z). Derivováním (1) podle všech komponent vektoru α a položením rovno nule, získáme soustavu lineárních rovnic, jejichž řešení nalezneme ve tvaru

$$\alpha = (X^T X)^{-1} X^T y.$$

Pokud máme poté předpovědět výstupní parametry pro nové, testovací materiály, načteme novou tabulku hodnot, kterou reprezentujeme maticí

$$Z = \begin{pmatrix} z_1^1 & z_1^2 & \dots & z_1^d \\ z_2^1 & z_2^2 & \dots & z_2^d \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ z_m^1 & z_m^2 & \dots & z_m^d \end{pmatrix}.$$

Výsledné odpovědi pak získáme jako prostý součin

$$w = Z\alpha.$$

Pro zvýšení numerické stability je vhodné se vyhnout příliš velkým vektorům α . To je cílem metody zvané Tichonovova regularizace, která zavádí kladný reálný parametr λ a minimalizuje

$$\min_{\alpha \in \mathbb{R}^d} \|y - X\alpha\|^2 + \lambda \|\alpha\|^2.$$

Stejným způsobem jako pro rovnici (1) najdeme řešení ve tvaru

$$\alpha = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T y.$$

I tato metoda ovšem pracuje s předpokladem, že výstupní data závisí lineárně na vstupních datech. Toto omezení do značné míry eliminuje metoda Kernel Ridge Regression, a to velice jednoduchým tzv. Kernel Trickem. Tento trik spočívá v tom, že při výpočtu součinu matice X a X^T nahrazuje skalární součin $\langle x, x' \rangle$ nelineární funkci

$$e^{-\|x-x'\|^2/2}.$$

4 Aplikace

Data, které jsme zpracovávali, se týkaly průhledných polovodičů. Byly předmětem soutěže od firmy NOMAD hledající nejvhodnější materiály pro solární panely. Jednotlivé materiály byly popsány 12 vlastnostmi, které se týkaly jejich složení (Al, Si, In), krystalických struktur a vzdálenosti molekul, a 2 parametry určující účinnost a odolnost z nich vyrobených solárních panelů. Z toho jsem měli odvodit vztah mezi 12 zadanými vlastnostmi materiálu a 2 parametry. Pomocí nalezeného vztahu jsme ze zadaných vlastností předpovídali parametry u dalších materiálů. Daný vztah jsme našli pomocí metody Kernel Ridge Regression.

5 Shrnutí

S postupnými modifikacemi algoritmů jsme dosáhli poměrně dobrých výsledků ve srovnání s lidmi z celého světa. Za pomoci relativně jednoduché metody se nám podařilo dostat vysoko v žebříčku. Původní chybovost 0,1205 jsme zredukovali na 0,0558, vítěz soutěže měl chybovost 0,0368. Naučili jsme se základy strojového učení, využití metody Kernel Ridge Regression a práce v programu MatLab.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat za podporu při práci doc. Janu Vybíralovi, PhD.. Děkujeme i FJFI za zorganizování Týdne vědy.

Reference

- [1] . Mařík. *Metoda nejmenších čtverců*. <http://user.mendelu.cz/marik/mat-web/mat-webse24.html>. 2008.

Rozsvit'me mozek

**N.Hrobařová, První soukromé jazykové gymnázium, Hradec
Králové, hrobarova.nela@psjg-hk.cz**

B.Pobijaková, Masarykovo gymnázium, Příbor,

K. Vítečková, Gymnázium Nad Kavalírkou, Praha 5,

Abstrakt:

Práce se zabývá zkoumáním cév na uspaném laboratorním zvířeti za použití fluorescenční mikroskopie. Cílem bylo rozlišit podle několika mikroskopických metod a matematických parametrů cévy v mozku na žíly, tepny a kapiláry. Dále se v práci zmiňujeme o souvislosti této problematiky s epilepsií.

1 Úvod

Cílem naší práce bylo navržení metodiky pro rozdělení cév v mozku na žíly, tepny a kapiláry. Účelem bylo stanovení normy u zdravého zvířete pro budoucí porovnání se zvířetem postiženým epilepsií, která může být vyvolána např. mozkovou mrtvicí.

Epilepsie

Epilepsie jsou opakované záchvaty přechodné mozkové dysfunkce podmíněné výboji mozkových neuronů, což způsobuje depolarizaci více neuronů. Při záchvatech dochází ke ztrátě vnímání okolí, které se může projevit konvulzivně nebo nekonvulzivně. Nekonvulzivní záchvat se zpravidla vyznačuje ustrnutím na místě bez motorických projevů, po dobu přibližně jedné minuty. Tento průběh podle dosavadních poznatků může vést k rozvinutí záchvatů konvulzivních, které postihují i mozkovou kůru, což má za následek křeče, zmatenost, EEG změny... (1)

Fluorescence

Fluorescence je fyzikální jev, při kterém molekuly některých látek absorbují světelné záření určité vlnové délky (excitace) a část energie, kterou tímto způsobem získá ve velmi krátkém čase, opět vyzáří (emise) v podobě světla o delší vlnové délce, tj. s nižší energií a jinou barvou. (2)

Fluorescein je syntetická organická látka obvykle ve formě tmavooranžového až červeného prášku. Běžně se používá ve fluorescenční mikroskopii, v barvivových laserech jako aktivní médium, k detekci krve v soudnictví a sérologii, a jako stopovač pro odhalování toků kapalin. Fluorescein absorbuje modré světlo a emituje světlo zelené. (3)

2 Postup

Práci jsme prováděly na myši anesteziované isofluranem, které byla předem ztenčena lebka na nejnižší vrstvu (spodní kompakty), aby se zprůhlednila vaskulatura. Dále měla zavedený port do vene jugularis. Pod mikroskop jsme myš upevnily pomocí speciálního duralového zařízení, abychom zamezily vzniku pohybových artefaktů (tep, dech uspané myši).

V prvním pokusu jsme použily metodu BOLD (blood oxygen level dependence), která spočívá v nasvícení cév střídavě červeným, zeleným a modrým světlem. Různé vlnové délky

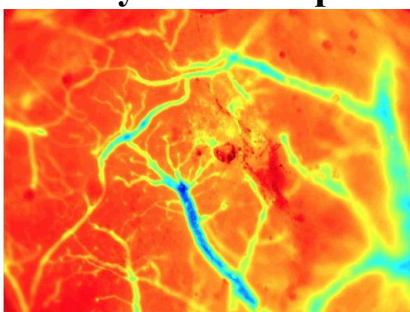
se v krvi absorbují různým způsobem a ze vzájemného poměru těchto absorbancí lze následně určit saturaci hemoglobinu kyslíkem. Tak lze například pozorovat aktivitu tkání, která se při epilepsii výrazně zvyšuje oproti normálu.

V druhém pokusu jsme využívaly metod fluorescenční mikroskopie. Myši jsme injektovaly bolus (jednorázová dávka látky) sodium fluoresceinu 100 μ l/30 g její hmotnosti. Poté jsme sledovaly průtok látky mozkovými cévami. Přes ztenčenou lebku jsme svítily modrým světlem a následně jsme zachytávaly fluorescenci v zeleném světelném spektru. Zároveň jsme pořizovali snímky s frekvencí 5 Hz po dobu 380 sekund.

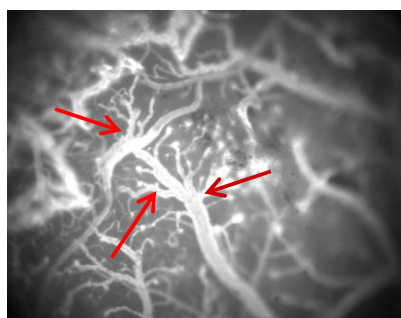
Získané hodnoty jsme zanesly do grafů a na počítači jsme provedly segmentace získaných snímků.

3 Výsledky

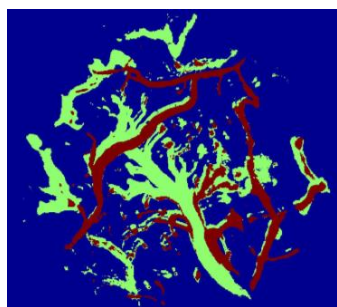
Snímky získané v průběhu pokusu



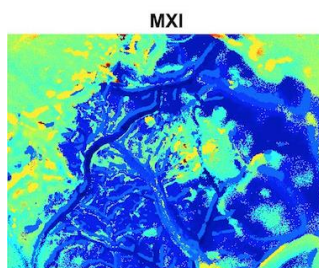
Obr. č. 1: BOLD signál vyjadřující míru saturace hemoglobinu kyslíkem



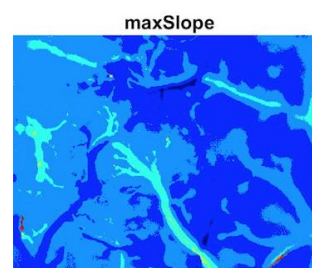
Obr. č. 2: Průchod fluorescenční látky cévami, šipky ukazují místa vybraná pro sestavení grafů



Obr. č. 4: Segmentace cév (nástroj interpretace obrazu pomocí čísel – rozdělení na žílu, tepnu a kapiláry)



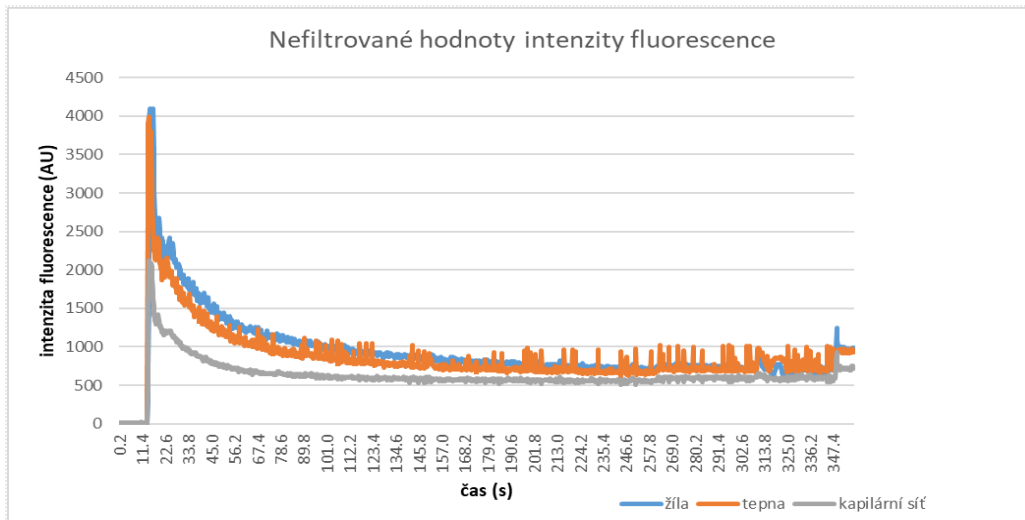
Obr. č. 5: Doba, kdy nastala max. intenzita



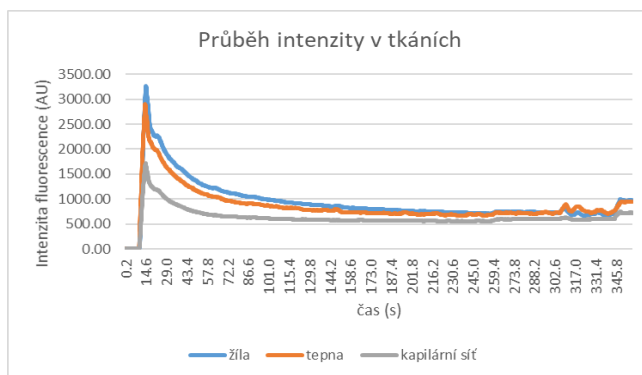
Obr. č. 6: Doba, kdy nastala max. diference

Grafy

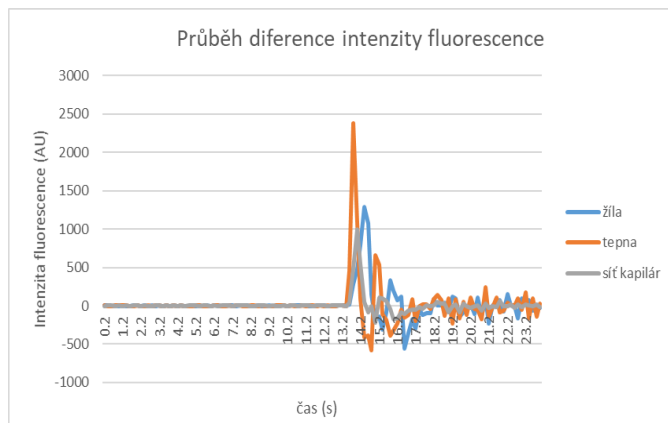
Graf 1 zobrazuje hrubé výsledky před úpravou do podoby grafu 2. Díky této úpravě jsme mohly lépe pozorovat intenzitu fluorescence v jednotlivých cévách. Graf 3 poté ukazuje nejmarkantnější diferenci intenzity fluorescence žíly a tepny.



Graf 1: Naměřené hodnoty intenzit fluorescence v čase pro tři regiony



Graf 2: Průběh intenzity (viz graf 1) filtrovaný plovoucím průměrem (20 vzorků)



Graf 3: Změna intenzity (diference) fluorescence ve třech regionech.

4 Diskuze

Na snímcích získaných metodou BOLD je vidět různá reakce tkáně na nasvícení světly o různých vlnových délkách. V barevném provedení nasvícení modrým světlem snímek ukazuje saturaci hemoglobinu kyslíkem. Je zde snadné rozpoznat okysličené arterie (červená barva) a

odkysličené žíly (modrozelená barva). Zobrazení je však zkresleno viditelností dalších vrstev tkáně, což je zapříčiněno samotným principem fungování mikroskopu.

Na základě dat získaných z grafu jsme jasně rozlišily mozkové cévy, a to podle času náběhu sodium fluoresceinu do zkoumaných oblastí. K rozlišení cév nám pomohly také jednotlivé segmentace (viz obr. 4). Pro účely pozorování změn vlastností tkáně u mrtvicí postižených zvířat byl tento způsob zkoumání však málo přesný z důvodu nízké frekvence snímkování.

Tab. 1: Posouzení relevantnosti parametru

Matematický parametr	Relevantnost
MXI (doba, kdy nastalo maximum intenzity)	✘
maxSlope (čas, kdy je diference maximální)	Adekvátní
maxSlopeVal (hodnota maximální diference)	Adekvátní

5 Shrnutí

Hlavní myšlenkou této práce bylo zjistit, zda lze pomocí fluorescenční metody odlišit jednotlivé cévy v mozku. Cévy se nám podařilo rozlišit, nicméně pro hlubší výzkum změn vlastností mozkové tkáně vlivem mrtvice, nebo epilepsie by bylo vhodnější použít vyšší snímací frekvenci mikroskopu a tak zvýšit rozlišovací schopnost použité metody.

Poděkování

Za odborné vedení práce bychom chtěly poděkovat Fyziologickému ústavu AV ČR, jmenovitě doc. MUDr. Jakubovi Otáhalovi, Ph.D., Ing. Davidu Kalovi, Mgr. Janu Svobodovi a Ing. Janu Kudláčkovi.

Reference:

1. Epilepsie. Wikiskripta [online]. MEFANET, 2018 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Epilepsie>
2. Fluorescenční mikroskopie. Katedra experimentální biologie rostlin [online]. 2018 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/mikro/mscope/fluor/fluor.htm>
3. Fluorescein. Wikipedie [online]. 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fluorescein>

^{99m}Tc a ^{68}Ga značené léčivé přípravky pro diagnostiku v nukleární medicíně

Soňa Burešová, Gymnázium Jaroslava Heyrovského, Praha, sonka.buresova@gmail.com

Anna Příbojová, Gymnázium Jána Chalupku, Brezno, pribojova.anicka@gmail.com

Adam Tomi, Gymnázium a obchodní akademie, Mar. Lázně, eidam0306@gmail.com

Tereza Vitoušová, Gymnázium Českolipská, Praha, t.vitousova@email.cz

Abstrakt:

Radiofarmaka jsou léčiva, která obsahují jeden nebo více atomů radionuklidu. Pro diagnostické účely se nejčastěji používá γ záření, jehož zdrojem je například ^{99m}Tc nebo anihilace pozitronu emitovaného ^{68}Ga . Technecium-99m se získává z generátoru $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ a galium-68 z generátoru $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$. Před podáním léčiva pacientovi je nutné zkontrolovat radiochemickou čistotu připraveného radiofarmaka. Cílem miniprojektu bylo připravit několik radiofarmak a otestovat jejich radiochemickou čistotu, a tím zjistit, jestli jsou vhodná pro aplikaci pacientovi.

1 Úvod

Pro diagnostické studie v nukleární medicíně se pacientovi většinou intravenózně aplikuje malé množství tzv. radioindikátoru (= radiofarmaka). Použité radiofarmakum je specifické pro jednotlivé orgány a druhy vyšetření. Aplikovaná radioaktivní látka vstoupí do metabolismu organismu a distribuuje se tam podle svého chemického složení – fyziologicky či patologicky se hromadí v určitých orgánech a jejich částech a následně se vylučuje či přeskupuje. Z míst depozice radioindikátoru vychází záření gama, které díky své pronikavosti prochází tkání ven z organismu. Pomocí citlivých detektorů měříme toto záření γ a zjišťujeme tak distribuci radioindikátoru v jednotlivých orgánech a strukturách uvnitř těla. Při diagnostických studiích se používají dva druhy radionuklidu SPECT (^{99m}Tc , ^{111}In , ^{201}Tl ...) a PET (^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga ...).

V našem projektu jsme pracovali s prvky galium-68 a technecium-99m, což je doposud nejvyužívanější diagnostický radionuklid v nukleární medicíně (80 % diagnostických studií). Oba radionuklidy byly získány pomocí radionuklidových generátorů, což je přístroj používaný v nukleární medicíně pro přípravu některých radionuklidů. Podmínkou je, že dečřiný – (Galium, Technecium) radionuklid musí mít kratší poločas rozpadu než mateřský – (Germanium, Molybden) a též odlišné chemické vlastnosti. Nejčastěji využívaným typem generátoru je $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$.

2 Přístroje, látky, pomůcky

Přístroje: AR 2000 – TLC skener, laboratorní vibrační míchačka, generátor $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$, generátor $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, pH metr, detektor Curiementor 2

Látky: ligand TRAP, kyselina citrónová, Britton – Robinsonův pufr (H_3BO_3 , H_3PO_4 , CH_3COOH , NaOH), roztok NaCl , aceton, kit MDP, kit Stabilised Ceretec

Pomůcky: TLC desky a vyvíjecí komůrky, vialky, automatické pipety

3 Postup práce

3.a Technecium

Úkoly:

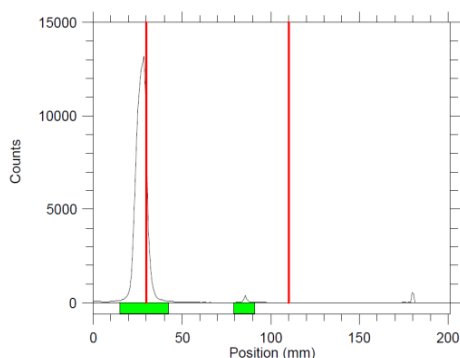
1. Získání ^{99m}Tc z $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ generátoru
2. Příprava radiofarmak Stabilised Ceretec a MDP
3. Otestovat radiochemickou čistotu radiofarmak

Postup:

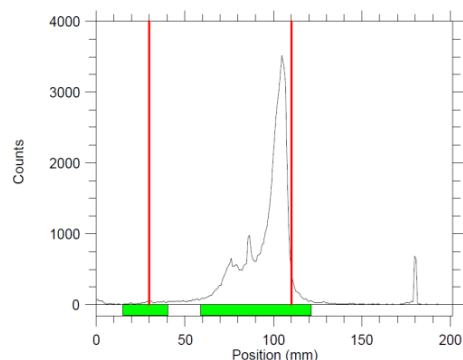
Technecium-99m bylo získané z $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ generátoru, aktivita eluátu byla 476 MBq v objemu 3 ml. Pro přípravu radiofarmaka bylo ze zásobní lahvičky jehlou odebráno 1,5 ml ^{99m}Tc a přidáno do kitů. Farmaka byla doředěna fyziologickým roztokem na 5 ml. Při experimentech byla použita radiofarmaka MDP a Stabilised Ceretec, která jsou v medicíně běžně používána pro diagnostiku. Kontrola radiochemické čistoty byla ověřena chromatografií na tenké vrstvě (ITLC SG). Chromatografie probíhala ve fyziologickém roztoku a acetonu, radiochemická čistota byla stanovena pomocí TLC skeneru AR2000.

Výsledky:

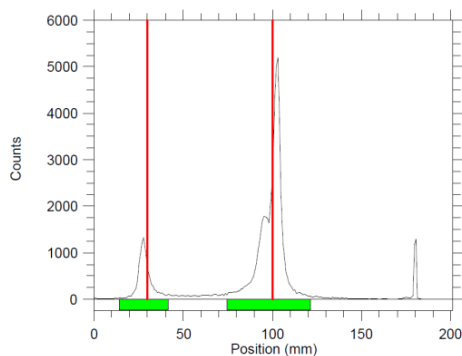
Na obrázků 1-4 jsou znázorněny výsledky stanovení radiochemické čistoty jednotlivých radiofarmak.



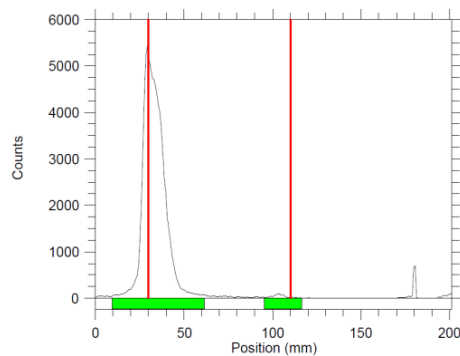
Obr. 1: MDP Aceton



Obr. 2: MDP Fyz. roztok



Obr. 3: Ceretec Aceton



Obr. 4: Ceretec Fyz. roztok

$$P_{RCH} = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Radiochemická čistota P_{RCH} je definována jako poměr aktivity i -tého komplexu - A_i k celkové aktivitě všech komplexů v analytu přítomných - $\sum A_i$.

Pro zvýšení přesnosti byla radiochemická čistota ($Y\%$) měřena ve dvou prostředích a vypočtená na základě vzorce $Y\% = 100\% - (A\% + B\%)$, kde $A\%$ a $B\%$ jsou procentuální zastoupení nečistot.

Tab. 1: Výsledná radiochemická čistota

KIT	Přidaná aktivita[MBq]	Radiochemická čistota[%]	
		Požadovaná	Dosažená
MDP	204	95	97,7
Stabilised Ceretec	202	80	82,2

Pro vzorek MDP byla stanovena radiochemická čistota 97,7 % a pro Ceretec 82,2 %.

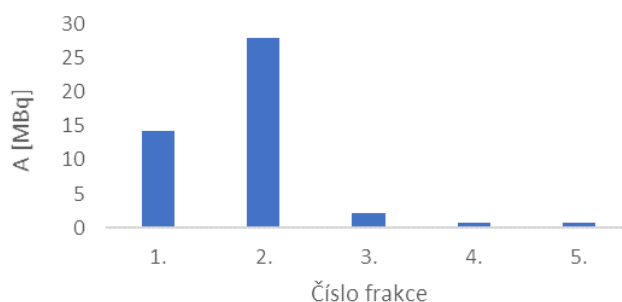
3.b Galium

Úkoly:

1. Provedení eluce generátoru $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$
2. Provedení značení ligandu při zvoleném pH
3. Stanovení kinetiky značení ligandů pomocí TLC

Postup:

Pomocí 0,1 M HCl byla provedná frakcionovaná eluce, celkový použitý objem byl 5 ml. Byla změřena aktivita získaných eluátů. Pro další práci byla vybrána druhá frakce s nejvyšší aktivitou (27,86 MBq).



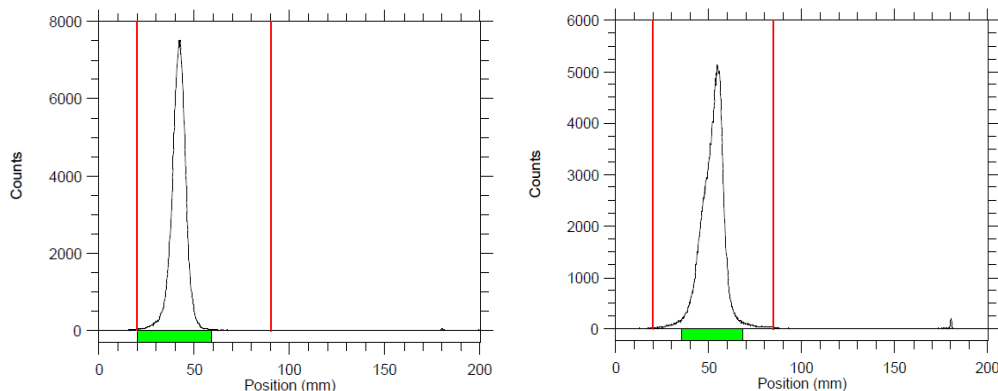
Graf 1: Frakcionovaná eluce

Dále značení ligandu TRAP bylo provedeno v připraveném pufru o zvoleném pH (5 a 7). Byl zapnut termoblok na 95 °C. Byly připravené proužky TLC desek (1,5 cm x 10 cm) a mobilní fáze (0,1 M kyselina citrónová). Do zavírací vialky bylo přidáno 600 μl pufru a 50 μl ligandu TRAP (1 mg/l). Následně bylo přidáno 200 μl ^{68}Ga a změřena radioaktivita a pH směsi. Vzorek byl zahříván 10 minut na 95°C.

Tab. 2: Naměřené hodnoty pH pufru a směsi (pufr+TRAP+⁶⁸Ga)

pH _{pufr}	A[MBq]	pH _{směs}
5	2,38	4,99
7	2,41	7,01

Pomocí pipety bylo odebráno 5 µl vzorků a kápnuto na střed startovní čáry na TLC desce. TLC deska byla vložena do vyvíjecí komůrky s mobilní fází (k. citrónová) a ponechána vyvíjet cca. 1,5 cm od okraje.

**Obr. 5: Značení TRAP galiem – 68 při pH 5 (vlevo), při pH 7 (vpravo)**

Výsledky:

Pomocí TLC desek byla stanovena radiochemická čistota 99,24% pro pH 5 a 96,08% pro pH 7.

4 Diskuse a shrnutí

V této úloze jsme se seznámili s prací radiofarmaceuta. Námi připravené kity MDP (používané na scintigrafii kostních tkání), Stabilised Ceretec (scintigrafie mozku) a radiofarmaka na bázi galia splňovaly limity přípustné pro aplikaci pacientovi. Radiochemická čistota byla pro MDP 97,7 %, pro Stabilised Ceretec 82,2 %, pro galium pH=5 99,24% a pro pH=7 96,08%

5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali FJFI ČVUT a katedře jaderné chemie za příležitost vyzkoušet si práci radiofarmaceuta v rámci Týdne vědy. Konkrétně děkujeme Ing. Michalovi Sakmárovi, Ing. Ekaterině Kuklevě, Bc. Veronice Válové a Ing. Šárce Hráčkové za pomocnou ruku a cenné rady při práci na projektu.

6 Reference:

- [1] N. N. GREENWOOD, N.N. – EARNSHAW, A., Chemie prvků 1. díl, 1. vydání 1993
- [2] MAJER, V.: Základy jaderné chemie, 1. vydání 1961
- [3] SAHA, G. B.: *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. 5. vyd., ISBN 0-387-40360-4, Springer, New York 2004.
- [4] <http://astronuklfyzika.cz/CoJeNuklMed.htm>, citované dne 18.6. 2018

Zobrazování hmyzu uvězněného v jantaru

Štěpán Skalka, Gymnázium Jírovcova 8, České Budějovice
stepan.skalka@gmail.com

Lukáš Čech, Gymnázium Otokara Březiny a Střední Odborná
Škola Telč, Hradecká 235
luky.cech.7@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem práce bylo zobrazit mušku uvízlou v jantaru pomocí záření X. Použili jsme metodu fázního kontrastu a metodu absorpčního kontrastu. Získali jsme detailní snímek mušky, na kterém byly patrné kromě těla i nohy a náznak křídel, což je velice nesnadné. Bylo pozorovatelné rozdělení těla na tři části – hlava, zadeček a hrud'.

1 Úvod

Naším úkolem bylo seznámit se s principy fungování záření X (rentgenového) a s možnostmi jeho využití v praxi. Dále jsme měli za úkol, naučit se pracovat s tímto zářením a s přístroji, které s ním souvisí a seznámit se s metodami zobrazování pomocí RTG. Výsledkem naší práce je rentgenový snímek hmyzu uvězněného v jantaru.

Záření X (RTG) je elektromagnetické záření s původem v elektronovém obalu. [1] Existují dva druhy záření X. Brzdné a charakteristické.

Brzdné rentgenové záření není přímo určeno materiálem, ale závisí na rychlosti letícího elektronu. Vzniká, když se rychle letící elektron dostane do místa působení elektrostatického pole nějakého atomu. Tento elektron se působením tohoto pole zbrzdí a jeho trajektorie se zakříví. Kinetická energie, o kterou elektron přijde se emituje ve formě rentgenového záření. Čím více se elektron přiblíží k jádru a čím větší je jeho energie, tím větší je energie vznikajícího RTG záření. Elektrony letící na atom nemají díky srážkám jednotnou rychlost (kinetickou energii) a tudíž je vyzařováno rentgenové záření o různých vlnových délkách a s různou energií. Spektrum je tedy spojité.

Charakteristické rentgenové záření závisí na materiálu (prvku), ze kterého je vyzářeno. Vzniká tím, že do elektronu v atomu narazí jiná částice, předá mu energii a elektron přejde do vyšší energetické hladiny nebo ho úplně vyrazí pryč z atomu. V prvním případě se excitovaný elektron vrací zpět do nižší energetické hladiny a při tom vyzáří energii ve formě fotonů rentgenového záření. V druhém případě na místo vyraženého elektronu nastoupí jiný elektron z vyšší energetické hladiny a opět při tomto sestupu emituje rentgenové záření. Velikost energie, která bude emitována ve formě záření je rovna rozdílu energie dvou energetických hladin atomu, mezi kterými se elektron přesouvá, tento rozdíl je v rámci atomu stále stejný a pro každý materiál (prvek) jiný. Proto je emitováno RTG záření pouze o určitých vlnových délkách a určité energii, spektrum charakteristického RTG záření je tedy čárové. Název charakteristické záření plyne z toho, že povaha záření je jednoznačně určena mateřským atomem (prvkem, materiálem).

Jantar je třetihorní mineralizovaná pryskyřice z jehličnanů, staří většinou kolem 50 milionů let. Průměrné chemické složení jantaru bylo určeno jako $C_{10}H_{16}O$. Nejběžnější barva jantaru je zlatavě žlutá, ale nalézají se odrůdy zcela průhledné, červené, kávové i bílé.

2 Popis měření

RTG záření, lze je využít pro zobrazování předmětů. Využili jsme dva způsoby: Metodu Absorbčního kontrastu a metodu Fázového kontrastu.

Metoda absorbčního kontrastu závisí na hustotě ozařovaného materiálu. Vychází z toho, že různé různé předměty o různé hustotě a tloušce pohlcují RTG záření v rozdílné míře. Hustší/tlustší místa budou pohlcovat RTG paprsky více, proto vrhá stín na fotocitlivý materiál, který zaznamená méně záření.

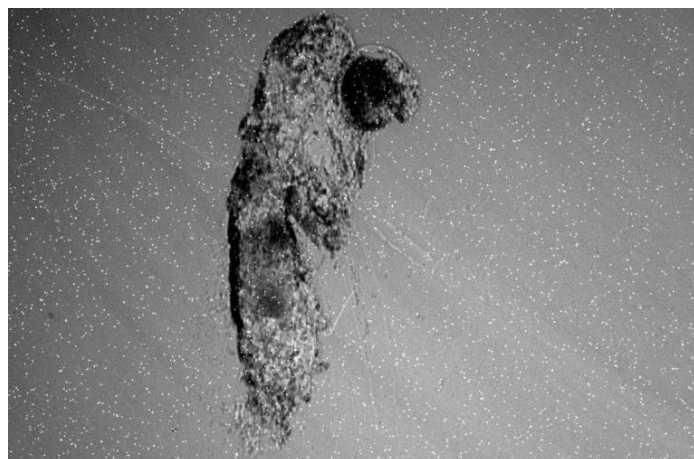
Metoda fázového kontrastu využívá rozdílného indexu lomu různých materiálů. RTG záření je tudíž mírně odkloněno a na fotocitlivém materiálu se vytvoří tmavé a světlé proužky na hraně předmětu.

Zobrazovací přístroj se skládá z několika částí: Rentgenka - vyzařující RTG záření, elektricky ovládaný stoleček na umístění vzorku, scintilátor – přeměňující RTG záření na viditelné světlo, CCD čip, optická soustava.

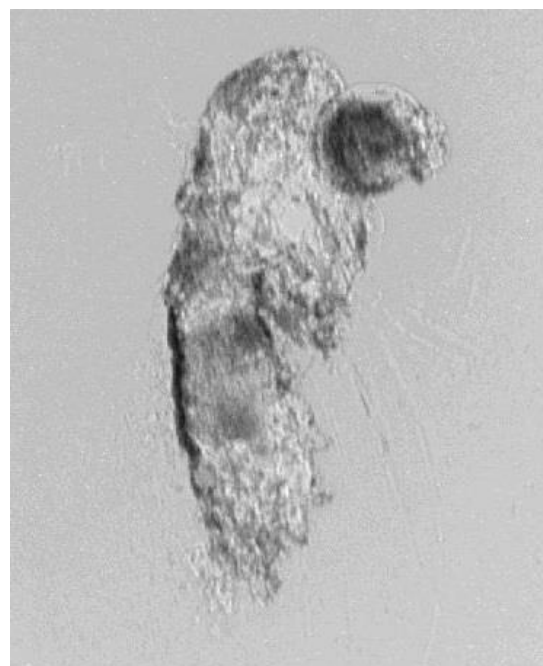
Celé zařízení je uloženo v temném uzavíratelném boxu obloženým olovem, kvůli ochraně před uniknutím RTG záření (olovo ho pohlcuje). Záření je tvořeno v Rentgence, která ho tvoří vysíláním a urychlováním (dodáváním elektrické energie, v našem případě 40kV a 80uA) elektronů z katody na anodu, kde se následně emituje brzdné rentgenové záření. Toto záření dále prochází předmětem, který chceme zobrazit. Dále se nachází scintilátor, který záření, které prošlo objektem přemění na viditelné (resp. ultrafialové) světlo, které je optickou soustavou zobrazováno na CCD čip, který snímá rentgenový snímek objektu. Data z CCD čipu poté míří do počítače, kde jsou dále zpracována.

Na čip dopadají a přímo reagují také zbloudilé nechtěné fotony rentgenového záření, což způsobuje bílé tečky na snímku. Zbloudilé fotony RTG záření dopadají náhodně na čip, proto lze opakovaným snímáním a následným zprůměrováním snímků tyto bílé tečky eliminovat. Dále vznikají černé tečky, které jsou způsobeny nefunkčními pixely. Tyto artefakty eliminovat nelze. Ne na všech místech scintilátoru je záření převáděno se stejnou účinností. To se projeví tmavými a světlými proužky na výsledném snímku. Tento problém se odstraňuje tzv. flat-field korekcí, která spočívá ve vyfocení snímků bez vzorku s homogenním ozářením (FLAT), snímků bez ozáření (DARK) a snímků se vzorkem i s ozářením (RAW), poté se pomocí matematických operací a transformací snímky spojí a vznikne snímek s eliminovanými nerovnostmi.

3 Výsledky a shrnutí



Obr. č. 1



Obr. č. 2

Zde popsané metody jsme použili k vytvoření snímku mušky uvízlé v jantaru. Nejdříve jsme nasnímali všechny potřebné snímky (obr. č. 1 příklad snímku bez odstraněných nedokonalostí), poté jsme tyto snímky spojili do jedné fotografie s odstraněnou většinou artefaktů (obr. č. 2).

Poděkování

Rádi bychom poděkovali panu Ing. Vladimíru Linhartovi, Ph.D. za pomoc při této práci, za cenné připomínky a rady. Dále bychom rádi poděkovali FJFI za poskytnutí možnosti účasti na Týdnu Vědy na Jaderce a příležitosti vyzkoušet si práci v laboratoři a věci, které vědecká profese přináší.

Reference:

- [1] RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ (on-line), 2018, https://cs.wikipedia.org/wiki/Rentgenové_záření
- [2] JANTAR (on-line), 2018, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Jantar>

Když nechceme derivovat, použijeme mýdlo

S. Catay*, K. Umlaufová**

Gymnázium Jaroslava Heyrovského Praha*, Střední průmyslová škola Ostrov**

suzancatay@seznam.cz*, k.umlaufova01@gmail.com**

Abstrakt:

V této práci se zabýváme alternativní metodou ke zjištění nejkratšího možného spojení bodů v rovině. Cílem je pomocí pokusu s mýdlovými bublinami ukázat, že k řešení není nutné použít derivování. Nakonec si výsledky i matematicky zdůvodníme.

1 Úvod

Naše práce vychází z předpokladu, že vodní bubliny díky povrchovému napětí vyplňují co nejmenší prostor. „Povrchové napětí je efekt, při kterém se povrch kapalin chová jako elastická fólie a snaží se dosáhnout co možná nejhladšího stavu s minimální plochou.“ [1] Pomocí tohoto jevu se pokusíme vyřešit následující problémy: Jakým způsobem můžeme spojit body na obrázku 1 (resp. 2) tak, aby celková délka spojnic byla co nejkratší? (Spojením bodů myslíme systém čar uspořádaných tak, aby se dalo z každého bodu dostat do druhého. Příkladem jsou třeba úhlopříčky.)



Obrázek č. 1, 2: Body tvořící čtverec a rovnoramenný trojúhelník

2 Řešení úloh

K vyřešení úloh pomocí pokusu potřebujeme mýdlo nebo jar, nádobu s vodou, magnety vhodné velikosti (nejlépe neodymové) a pár plochých sklíček či jiného průhledného materiálu (viz obrázek č. 3). Sklíčka jsme spojili k sobě pomocí magnetů. Mezi dvě sklíčka vložíme tolik magnetů, kolik máme bodů (v našem případě 3 nebo 4). Každý z nich zajistíme dalšími dvěma magnety z vnějších stran sklíček. Magnety slouží nejen k přidržení sklíček, ale i jako body z úloh. Do misky jsme připravili vhodnou směs vody a mýdla. Poté jsme ponořili sklíčka do vody a po vytažení jsme nechali bubliny, aby se dostaly do rovnovážného stavu.



Obrázek č. 3: Pomůcky

Pokusem jsme zjistili, že se utvoří následující tvary (viz obrázek č. 4 a 5). Velikost úhlu α ve čtverci i v trojúhelníku je 120° .

Tento způsob řešení samozřejmě není bez chyb. Ne vždy se povede stejný tvar. Chybu způsobuje např. vytvoření další bubliny nebo působení gravitace. Asi největším problémem je, že magnety nejsou nehmotnými body.

Vedle experimentu jsme výsledky zjistili i teoreticky. Sestavili jsme funkci f popisující celkovou délku spojníc v závislosti na parametru x (délce jedné ze čtyř stejně dlouhých šikmých stran (viz obrázek č. 6). K vyřešení původního problému jsme pak museli najít minimum dané funkce, k čemuž jsme využili nově nabytých znalostí ohledně derivací. Vypočítali jsme derivaci funkce f a našli jsme bod, kde je derivace nulová, který odpovídá právě hledanému minimu.

Výpočet:

$$\text{základní vzorec: } f(x) = 4x + a - \sqrt{4x^2 - a^2}$$

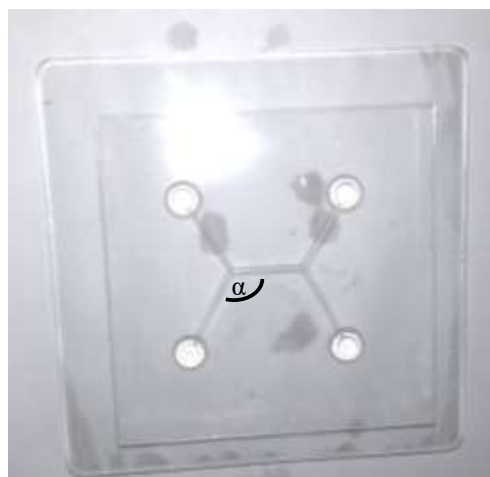
$$\text{po zderivování: } f'(x) = \frac{-4x}{\sqrt{4x^2 - a^2}} + 4$$

$$\text{výpočet extrému: } x - \sqrt{4x^2 - a^2} = 0$$

$$\text{po úpravě: } x = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

$$\text{výpočet úhlů: } \sin \alpha = \frac{\frac{a}{2}}{x} = \frac{\frac{a}{2}}{\frac{a\sqrt{3}}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

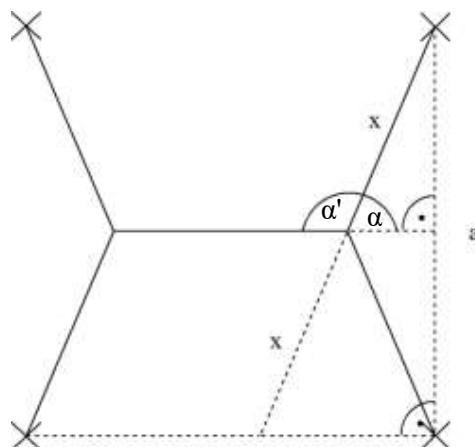
$$\alpha = 60^\circ; \alpha' = 120^\circ$$



Obrázek č. 4: Spojení bodů ve čtverci



Obrázek č. 5: Spojení bodů v rovnoramenném trojúhelníku



Obrázek č. 6: Nákres k výpočtu

3 Shrnutí

Z této práce vyplývá, že pokusem dojdeme (za použití omezených prostředků) ke stejnému výsledku jen občas. Proto je lepší používat derivace, které jsme se při miniprojektu naučili. Na druhou stranu v případě úlohy s obecným trojúhelníkem je řešení pomocí pokusu snazší.

Poděkování

Děkujeme panu Ing. J. Krásenskému za vedení naší práce a spoustu cenných rad.

Reference:

- [1] Příspěvatelé Wikipedie, *Povrchové napětí* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2018, Datum poslední revize 9. 05. 2018, 13:27 UTC, [citováno 19. 06. 2018] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Povrchov%C3%A9_nap%C4%9Bt%C3%AD&oldid=16073242>

Testování přítomnosti zlata pomocí neutronové aktivační analýzy

M. Krejčová, Gymnázium a SOŠ Plasy
krejcova.martina04@seznam.cz

E. Lelák, Gymnázium J. A. Raymana
lelak.emil@gmail.com

J. Pekařová, Gymnázium Volgogradská 6a, Ostrava - Zábřeh
j.pekarova@post.cz

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo zjistit přítomnost zlata v minci a následně změřit jeho koncentraci pomocí neutronové aktivační analýzy. K tomuto experimentu jsme využili školní reaktor VR-1 a detektor HPGe. Následně jsme údaje zpracovali a došli jsme k závěru, že mince obsahuje 54,64 % zlata.

1 Úvod

Zlato je jedním z nejdražších kovů, a tak nás zajímalo, kolik se ho může vyskytovat v běžných předmětech, například v minci. Během našeho miniprojektu jsme se seznámili s principem neutronové aktivační analýzy. Jedná se o metodu pro identifikaci stopových množství izotopů v materiálech. Například se jedná o zlato, stříbro nebo zinek. Neutronová aktivační analýza má velké uplatnění v archeologii, geologii, biomedicíně a v mnoha dalších vědních a průmyslových oborech. Díky této metodě zůstanou vzorky mechanicky neporušené.

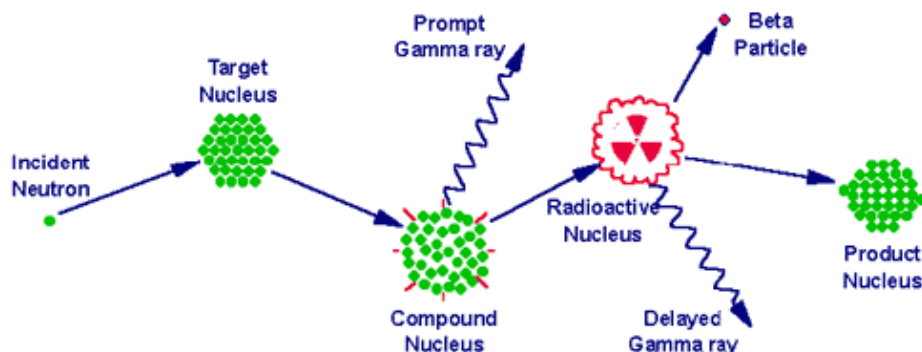
2 Neutronová aktivační analýza

Tato metoda slouží k hledání prvků a jejich koncentraci v materiálech. Prvky můžeme rozdělit do tří skupin podle vlastností po ozáření (Obrázek 1). Do první skupiny řadíme prvky, u kterých nevznikají radioizotopy. V druhé skupině najdeme prvky, ze kterých vznikají radioizotopy s krátkým poločasem rozpadu. U těchto prvků nelze využít neutronové aktivační analýzu. Ve třetí skupině vznikají radioizotopy s delším poločasem rozpadu a je možné je detekovat.

1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	¹ La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105													
Fr	Ra	² Ac	Rf	Db													
¹ Lanthanide		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
² Actinide series		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		
		No n-gamma radioactive isotopes															
		Radioactive isotopes can be produced. Limitation is short half-life or flux energy															
		Elements routinely determined by INAA															

Obrázek 1 Rozdělení prvků do skupin

Při ozařování materiálu se jádra dostávají do excitovaného stavu a vzniká radioizotop vyzařující gamma záření tvořené fotony (Obrázek 2), které detekujeme na polovodičovém germaniovém detektoru jako elektrické pulzy. Tak můžeme zjistit počet rozpadnutých jader zlata za časový interval.



Obrázek 2 Princip NAA

Pomocí rozpadového zákona, jsme si odvodili dva vztahy, ze kterých jsme vypočítali aktivitu mince a zlaté fólie. Vztah pro výpočet aktivity zlaté fólie:

$$A = \frac{M_F \lambda t_F}{(1 - e^{-\lambda t_F}) t_{live}}$$

Kde M_F je počet detekovaných pulzů za čas t_F , λ rozpadová konstanta zlata a t_{live} korekce mrtvé doby detektoru.

Vztah pro výpočet aktivity mince:

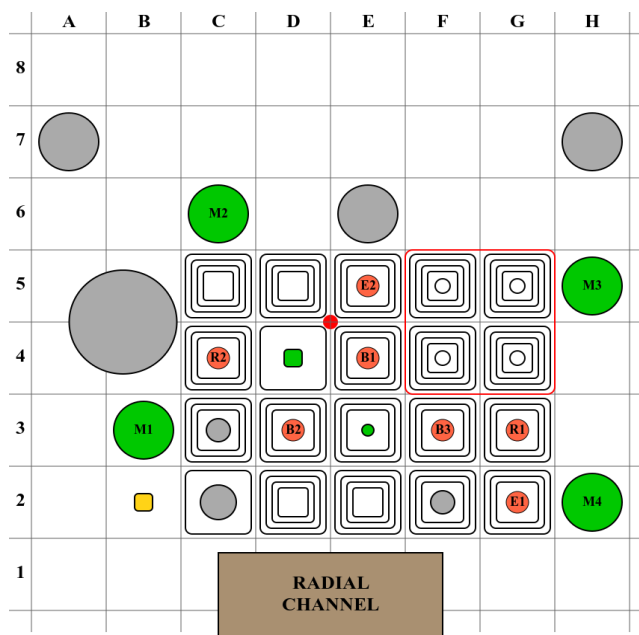
$$A = \frac{M_M \lambda t_M}{(e^{-\lambda t_{M0}} - e^{-\lambda(t_{M0} + t_M)}) t_{live}}$$

Kde M_m je počet detekovaných pulzů za čas t_M , t_{M0} čas vložení mince do detektoru a t_{live} korekce mrtvé doby detektoru.

Z aktivity jsme porovnávací metodou zjistili koncentraci zlata v minci.

3 Metodika měření

Zkoumaným materiálem byla mince turecký kuruš a zlatá fólie, která sloužila jako srovnávací etalon. Vzorky jsme zvážili, turecký kuruš jsme obalili papírem, aby nedošlo ke kontaminaci. Předměty jsme připevnili na okraj plexisklového nosiče do těsné blízkosti, abychom zajistili stejné podmínky ozařování. Nosič jsme vložili do reaktoru na třicet minut do pozice D4 (Obrázek 3). Po vytáhnutí vzorků jsme se odebrali do laboratoře a na polovodičovém detektoru s germániem nainstalovali válcový podstavec s výškou 120 mm, na který byly postupně umísťovány ozářené vzorky. Měřili jsme plochu píků ve vzorcích v časovém intervalu deset minut. To, že se ve vzorku nachází zlato nám dokazuje gamma záření, které je v grafu indikováno hodnotou energie 412 keV. Vzorky jsme neměřili současně, ale s časovým odstupem, který jsme museli započítat do konečných výsledků, aby měření bylo přesné.



Obrázek 3 Schéma aktivní zóny reaktoru VR-1

4 Výsledky

Počáteční aktivita zlata ve fólii je 114, 59 Bq, hmotnost 0,1226 g a poločas rozpadu 2,6951 dne. Počáteční aktivita mince je 922,87 Bq a hmotnost 1,8014 g. Postupným měřením a výpočty jsme dospěli k závěru, že turecký kuruš obsahuje 54,64 % zlata.

5 Diskuze

I přes veškerou snahu dospět k co nejpřesnějšímu závěru, se mohou projevit v našem konečném výsledku nepřesnosti, způsobené lidským faktorem, zaokrouhlováním měřených veličin, kontaminací nečistotami, odchylkou měření četnosti, vzdáleností vzorků při ozařování a rozdílnou tloušťkou vzorků. Odchylka od výsledku je $\pm 0,69$ %.

6 Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme se seznámili s neutronovou aktivační analýzou. Zjistili jsme, že mince turecký kuruš obsahuje 54,64 % \pm 0,69 % zlata.

7 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat celému týmu, který organizuje TV@J, a to především Ing. Ondřeji Humlovi, Ph.D.

8 Reference

Obrázek 3: http://archaeometry.missouri.edu/naa_overview.html

Obrázek 2: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/INAA.html

Využití zpožděných neutronů ke stanovení množství štěpného materiálu

J. Apjár*, K. Rosická**

Gymnázium ALTIS, Praha 10 *, Gymnázium Jiřího Ortena Kutná Hora**
jiri.apik@seznam.cz*, kacka.rosicka@gmail.com**

Abstrakt

Během projektu bylo měřeno obohacení a hmotnost vzorků pomocí metody zpožděných neutronů, která se využívá k nedestruktivní analýze vzorku. Měření bylo provedeno na školním reaktoru VR-1 s pomocí softwaru pro záznam aktivity naměřené pomocí detektorů. Celkové výsledky jsou vysoce přesné vzhledem k podmínkám měření. Nepřesnosti měření byly způsobeny mrtvou dobou detektoru, statistickou chybou měření, odchylkou zadaných údajů a dalších faktorů, které jsme nebyli schopni ovlivnit. Pro lepší přesnost v případě dalšího měření by bylo vhodnější vystavovat vzorky aktivní zóně po delší dobu a zároveň měřit aktivitu vzorku v delším časovém úseku.

1 Úvod

Cílem měření bylo zjistit množství štěpného materiálu za pomoci zpožděných neutronů. Tato metoda se využívá k analýze množství ^{235}U ve vzorcích bez jejich poničení, čili ji lze použít i u historicky cenných vzorků. K měření byl k dispozici školní reaktor VR-1 a několik vzorků uranu s různou mírou obohacení a různou hmotností. Principem experimentu bylo, že nejprve byl pomocí referenčních vzorků zjištěn vztah aktivity, hmotnosti a obohacení a u ostatních vzorků byl vždy známý pouze jeden z údajů (hmotnost, nebo míru obohacení) a druhý údaj byl neznámý.

2 Teorie

V jaderném reaktoru probíhá štěpná jaderná reakce. Palivem je zde uran, který se skládá ze dvou izotopů, a to většina ^{238}U a menší procento ^{235}U . Reakce probíhá tak, že pomalé neutrony interagují s jádrem ^{235}U , které rozštěpí na dva lehčí prvky a zároveň uvolní dva nebo tři rychlé takzvané *okamžité* neutrony. Vzniklé produkty rozpadu jsou obvykle také radioaktivní a rozpadají se s poločasem rozpadu mezi desetinami sekund a jednotkami minut. Některé z těchto rozpadů produkují takzvané *zpožděné* neutrony, které vylétávají ze vzorku ještě nějakou dobu po vyjmutí z reaktoru, a proto jsme je mohli využít k měření. Vzhledem k tomu, že množství vzniklých produktů, které produkují zpožděné neutrony, je závislé na počátečním množství ^{235}U , je množství vylétávajících zpožděných neutronů závislé na hmotnosti vzorku a na jeho obohacení.

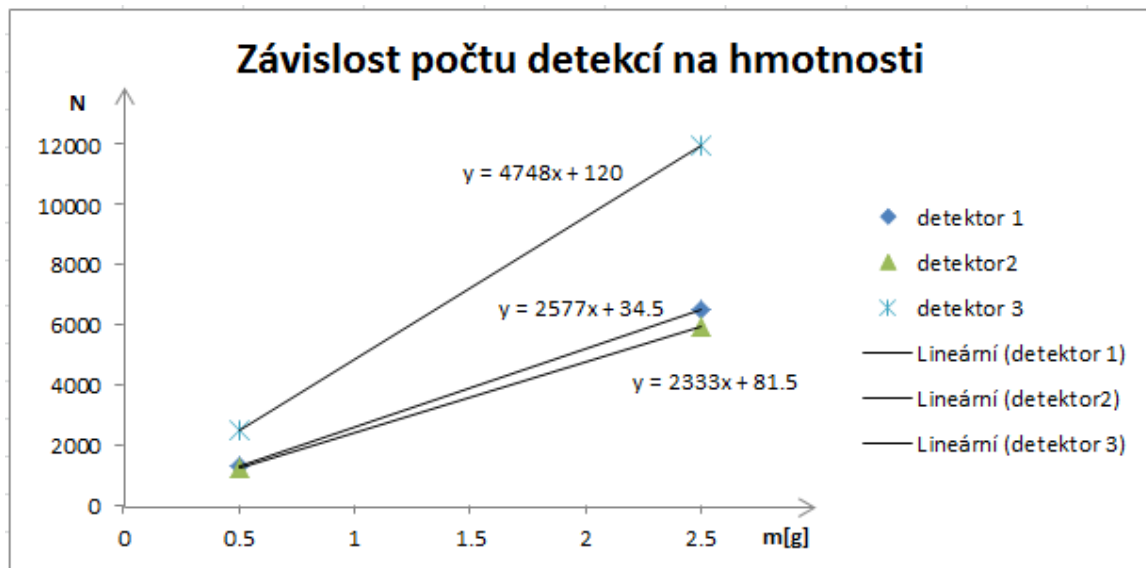
$$K \sim mp$$

detektor 1			m_1
m	0.5	2.5	1.67
K	1323	6477	4346
detektor 2			
m	0.5	2.5	1.78
K	1248	5914	4233
detektor 3			
m	0.5	2.5	1.88
K	2494	11990	9031

Tabulka 1: Výsledky měření aktivity pro různé hmotnosti přírodního uranu

3 Měření

Nejdříve byly s pomocí personálu školního reaktoru VR-1 ozářeny první dva vzorků přírodního uranu různých hmotností aby byla změřena jejich aktivita. Ozařování probíhalo vždy po dobu 400 s a za konstantního výkonu jaderného reaktoru. Aktivita byla měřena pomocí tří detektorů, které fungovaly na principu plynového detektoru, který obsahuje elektrody oddělené plynem, který se průletem radioaktivní částice ionizuje a vytváří tak vodivé spojení katody a anody. Detektor tedy nedokáže rozlišit druh částic, pouze jejich energii a tedy nedokáže přesně odlišit neutrony od jiných typů záření. To bylo kompenzováno použitím tří detektorů s minimální energií na zaznamenání impulzu. Měření dopadlých neutronů bylo prováděno vždy po dobu 100 s (viz tabulka 1). Vzhledem k tomu, že aktivita vzorků je přímo úměrná jejich hmotnosti (při stejném obohacení všech vzorků), byla naměřená data proložena přímkou a na základě toho byl sestaven předpis lineární funkce pro každý z detektorů (viz graf 1). Následně byl ozářen i 3. vzorek přírodního uranu, tentokrát však s neznámou hmotností. Vzhledem k tomu, že všechny 3 vzorky



Obrázek 1: Graf závislosti počtu detekcí na hmotnosti pro přírodní uran (obohacení 0,7%)

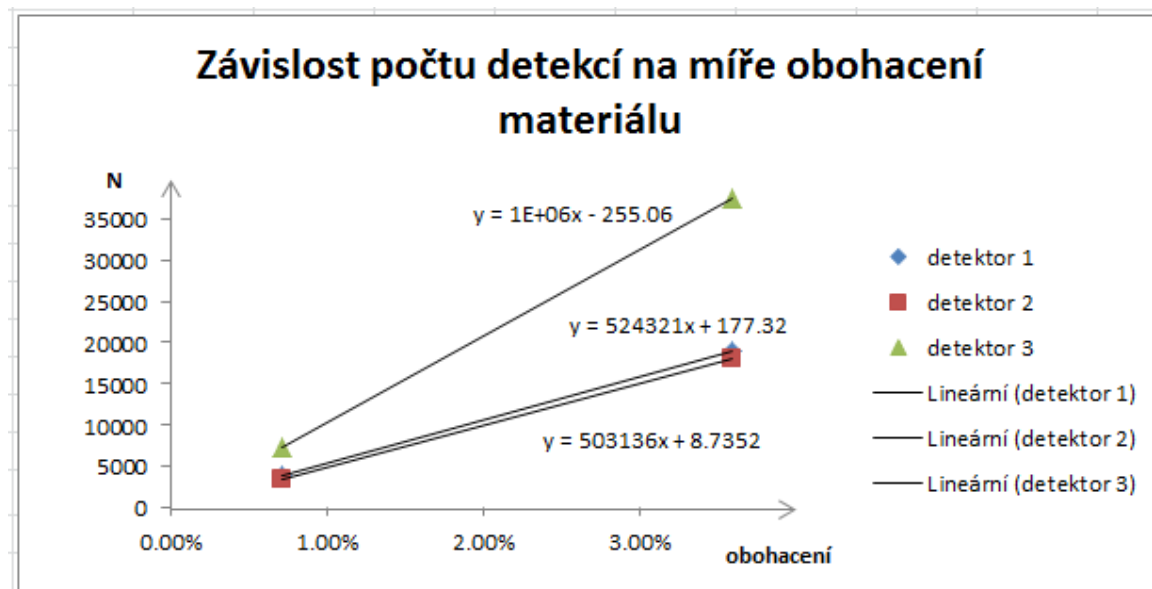
byly v aktivní zóně reaktoru po stejnou dobu a naměřené hodnoty byly vždy za stejný časový úsek, mohli jsme na základě předpisu funkce určit neznámou hmotnost u třetího

detektor 1		p_1	p_2
p	0.71%	3.58%	1.66%
K	3900	18948	8882
detektor 2			
p	0.71%	3.58%	1.67%
K	3581	18021	8410
detektor 3			
p	0.71%	3.58%	1.68%
K	7242	37547	16535

Tabulka 2: Výsledky měření aktivity pro obohacení vzorků o hmotnosti 1,5 g

vzorku.

Následně jsme nechali ozářit vzorek uranu se známou mírou obohacení 3,58% a se známou hmotností 1,5 g. Změřili jsme jeho aktivitu a na základě výsledků předchozího měření tří vzorků přírodního uranu jsme zjistili teoretickou aktivitu vzorku přírodního uranu o hmotnosti 1,5 g (tabulka 2). Na základě tohoto výsledku jsme opět proložili hodnoty přímkou a určili předpisy funkcí pro jednotlivé detektory (viz graf 2). Následně jsme nechali ozářit zbývající dva vzorky o hmotnosti 1,5 g uranu s neznámou mírou obohacení. Jejich aktivitu jsme dosadili do známého předpisu funkce a na základě toho zjistili míru obohacení obou vzorků. Jako vedlejší produkt měření byla míra zjištěna



Obrázek 2: Graf závislosti počtu detekcí na obohacení vzorku o hmotnosti 1,5 g

hodnota pozadí rozdílná u každého detektoru. Podle grafů lze vidět, že detektor č. 3 byl nejvíce citlivý, zatímco detektor č. 1 byl citlivý nejméně (resp. míra diskriminace gamma záření byla u detektoru č. 1 nejvyšší, u detektoru č. 3 nejnižší).

Výpočet neznámé hmotnosti a neznámého obohacení byl proveden zvlášť pro každý detektor a výsledek byl zpočítán jako aritmetický průměr těchto hodnot. Výsledná hmotnost neznámého vzorku vyšla $m_1 = (1,78 \pm 0,06\text{g})$ a výsledná obohacení $p_1 = (1,67 \pm 0,01)\%$ a $p_2 = (4,56 \pm 0,03)\%$. Porovnání těchto hodnot s hodnotami uvedenými výrobcem vzorků

Měřená veličina	Naměřená hodnota	Udávaná hodnota
m_1	$(1,78 \pm 0,06)$ g	1,7 g
p_1	$(1,67 \pm 0,01)$ %	1,32 %
p_2	$(4,56 \pm 0,03)$ %	4,42 %

Tabulka 3: Porovnání naměřených hodnot s udávanými parametry

je v tabulce 3.

Měření touto metodou byla přesná. Výsledky se nevešly do odhadů chyb, které jsme vypočítali jako chybu aritmetického průměru, protože nebylo možné kvantifikovat chyby způsobené měřicí aparaturou. Tyto chyby byly zejména nastavení detektorů na diskriminaci gamma záření podle energie, nepřesné umístění vzorku mezi detektory, mrtvá doba detektoru nebo odchylka v zadaných vstupních údajích. Další nepřesnosti pocházejí z radioaktivního pozadí, které se v průběhu měření neustále mění a také ze samotné pravděpodobnostní povahy zkoumaného jevu.

4 Shrnutí

Pomocí měření zpóžděných neutronů byla určena hmotnost a obohacení neznámého vzorku s relativně velkou přesností. Výsledky jsou poměrně přesné a jejich porovnání s tabelovanými hodnotami je uvedeno v tabulce 3.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu vedoucímu Ing. Ondřeji Novákovi za vedení projektu a cenné rady, personálu jaderného reaktoru VR-1 za umožnění přístupu a celému organizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce.

Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

Karol Csukás⁽¹⁾, Petr Kolář⁽²⁾, Michal Melko⁽³⁾, Julie Přerovská⁽⁴⁾

⁽¹⁾Gymnázium a SOŠ Plasy
csuky@seznam.cz

⁽²⁾Gymnázium Milevsko
kolda.efk@gmail.com

⁽³⁾Gymnázium Jána Chalupku, Brezno
mchlmelko@gmail.com

⁽⁴⁾Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha
prerovska@gvp.cz

Abstrakt

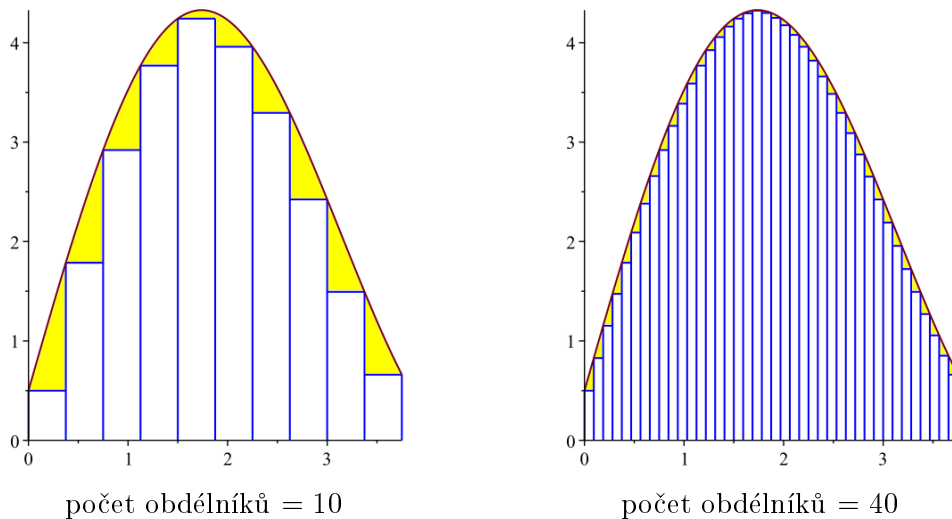
Cílem tohoto miniprojektu bylo zkoumat metodu Monte Carlo a její využití na výpočet obsahu plošných útvarů. Zaměřili jsme se na její výhody oproti jiným metodám a na její realizaci jsme využívali generátory pseudonáhodných čísel programovacích jazyků Python a Java.

1 Úvod

Zjišťování obsahů plochy obrazců, které známe již od základní školy, nám nedělá problém. Mohou to být různé kruhy, čtverce, kosodélníky a spousty dalších jednoduchých obrazců. Na výpočet používáme různé vzorce, které si umíme snadno odvodit. Když chceme spočítat obsah plochy nějakého neznámého tvaru, můžeme využít integrace, ale v případě, že máme např. implicitně zadanou funkci $(3x^2 - y^2)^2 y^2 - (x^2 + y^2)^4 = 0$, tak už jej tak snadno integrací nespočítáme.

Můžeme použít takzvanou obdélníkovou metodu, tj. celou oblast pod křivkou vyplníme obdélníky tak, že budou mít stejně dlouhou základnu a výška se bude rovnat funkční hodnotě v daném bodě. Součet obsahů všech těchto obdélníků nám pak dává přibližnou hodnotu obsahu plochy pod křivkou. Jak je vidět, tak při této metodě dochází k chybě. Tuto chybu můžeme minimalizovat zmenšováním základny proložených obdélníků, viz obrázek 1.

Ale i tato metoda značně zaostává za metodou Monte Carlo a to tím, že když chceme spočítat obsah plochy některého obrazce, u kterého neznáme explicitní předpis (tj. funkční závislost y na x), tak to obdélníkovou metodou tak snadno nepůjde. Další problém, ve kterém je metoda Monte Carlo výhodnější k použití, je počítání objemů vícedimenzionálních těles.



Obrázek 1: Obdélníková metoda – vizualizace chyby: Žluté části znázorňují chybu způsobenou neúplným vyplněním oblasti pod křivkou.

2 Postup

Celý postup výpočtu plochy metodou Monte Carlo [2] si můžeme vysvětlit na příkladu, kdy použijeme čtvercovou oblast a šipky, kterými se do čtverce budeme trefovat (to odpovídá generování náhodných bodů $X[x, y]$). Ve čtverci budeme počítat plochu pod zadanou křivkou. Hledaný obsah vypočteme jako součin poměru hodů trefených do prostoru pod křivkou ku všem hodům a obsahu obklopujícího čtverce. Tudiž odhad plochy pod křivkou získáme

$$S_{\text{pod křivkou}} = \frac{\# \text{bodů pod křivkou}}{\# \text{všech bodů}} S_{\text{čtverce}}. \quad (1)$$

3 Experimenty

3.1 Hodnota π

Jako první jsme se pokusili vypočítat hodnotu π . Pomocí generátoru pseudonáhodných čísel jsme náhodně vykreslovali body v jednotkovém čtverci opsaném čtvrtkružnicí. Podle vzorce (1) pak vypočítáme obsah čtvrtkružnice s poloměrem 1, tj. hodnotu $\frac{\pi}{4}$. Vynásobeno čtyřmi nám dá hodnotu π . Se zvětšujícím se počtem bodů se zvětšuje také přesnost našeho odhadu, viz následující tabulka.

10	100	1000	10000	100000	1000000
3.1240	3.1492	3.1328	3.140688	3.141664	3.14198

3.2 Plocha pod $\sin^2(x) \cos^3(x)$

Na zjištění efektivnosti této metody jsme použili křivku, u které jsme si dokázali vypočítat přesnou hodnotu jí omezené plochy. Jde o křivku $f(x) = \sin^2(x) \cos^3(x)$ a hledanou plochu

vypočítáme následovně

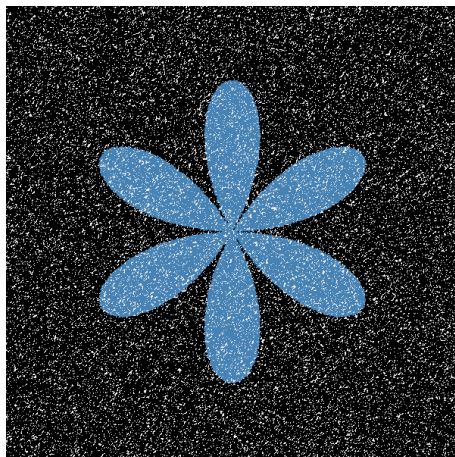
$$\begin{aligned} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2(x) \cos^3(x) dx &= \left[\begin{array}{l} t = \sin x \\ \frac{dt}{dx} = \cos x \end{array} \right] = \\ &= \int_0^1 t^2(1-t^2) dt = \int_0^1 t^2 - t^4 dt = \\ &= \left[\frac{1}{3}t^3 - \frac{1}{5}t^5 \right]_0^1 = \frac{1}{3} - \frac{1}{5} = \frac{2}{15} = 0.1\bar{3}. \end{aligned}$$

S touto přesnou hodnotou budeme porovnávat naše vlastní spočítané hodnoty se závislostí na počtu realizací, tzn. vygenerovaných bodů.

# bodů	100	1000	10000	100000	1000000	10000000
plocha	0.1099557	0.1341460	0.1311300	0.1337156	0.1334444	0.133339

3.3 Implicitně zadaná křivka

Na závěr jsme zkusili aplikovat tuto metodu na obrazec, u kterého není snadné spočítat jeho plochu. Jde o křivku určenou implicitně předpisem $(3x^2 - y^2)^2 y^2 - (x^2 + y^2)^4 = 0$. Počítačem vygenerované body lze využít také k vykreslení tohoto obráce tak, že bodům ležícím vně dáme jinou barvu než těm uvnitř, viz obrázek 2.



Obrázek 2: Výsledek simulace – body uvnitř jsou modré a body vně černé.

Tetokrát jsme kromě zvětšování přesnosti výpočtu plochy sledovali také odhad chyby. Odhad hledané plochy počítáme jako aritmetický průměr deseti opakování experimentu. Chybu odhadujeme pomocí směrodatné odchylky [3]

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2},$$

kde N je počet měření, x_i výsledek i -tého měření a \bar{x} aritmetický průměr. Je známo [1], že při Monte Carlo integraci směrodatná odchylka se vzrůstajícím N klesá jako $\frac{1}{\sqrt{N}}$. Jak je vidět z posledního řádku následující tabulky, naše výsledky tomuto faktu vyhovují.

Počet realizací	10	100	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7
Měření 1	8.1000	7.6500	7.4790	7.4682	7.4245	7.4304	7.4301
Měření 2	8.1000	7.1100	7.4070	7.4466	7.4550	7.4368	7.4288
Měření 3	7.2000	7.4700	7.5870	7.4061	7.4332	7.4311	7.4273
Měření 4	7.2000	7.8300	7.5060	7.3989	7.4436	7.4298	7.4318
Měření 5	7.2000	7.2900	7.6230	7.4637	7.4292	7.4307	7.4307
Měření 6	6.3000	8.1900	7.4520	7.4799	7.4247	7.4309	7.4281
Měření 7	4.5000	7.8300	7.4970	7.4835	7.4335	7.4319	7.4296
Měření 8	7.2000	7.4700	7.3800	7.4385	7.4173	7.4245	7.4283
Měření 9	4.5000	7.6500	7.1820	7.4583	7.4316	7.4329	7.4298
Měření 10	6.3000	7.5600	7.2630	7.4295	7.4142	7.4285	7.4312
Arit. průměr	6.6600	7.6050	7.4376	7.4473	7.4307	7.4308	7.4296
Směr. odchylka	1.2869	0.3037	0.1362	0.0291	0.0120	0.0031	0.0014

4 Závěr

Závěrem bychom řekli, že metodou Monte Carlo můžeme řešit úlohy týkající se výpočtu obsahů plošných obrazců s velikou přesností, aniž bychom museli použít integrace. Naše experimenty ukázaly, že touto metodou jsme schopni vypočítat plochu libovolného obrazce ohraničeného křivkou.

Reference

- [1] D. Edwards, *Monte Carlo Integration*, <http://www.cs.utah.edu/~edwards/research/mcIntegration.pdf>
- [2] M. Virius, *Aplikace matematické statistiky – Metoda Monte Carlo*, Skriptum ČVUT (1998).
- [3] J. Anděl, *Základy matematické statistiky*, MatfyzPress (2011).

POLARIZACE A INTERFERENCE

Petr Augustin, petraugustin@email.cz¹, Vojtěch Bauer,
bauer.vojtech@seznam.cz¹ and Bruno Uldrich,
uldrich.bruno@seznam.cz²

¹Gymnázium Jírovcova 8, České Budějovice

²SCHŠ – Základní škola a Gymnázium

19. června 2018

Abstrakt: V naší práci se budeme zabývat problematikou polarizace a interference světla. Naše závěry jsme podložili experimenty na polaroidech. Dokazovali jsme pravdivost Malusova zákona a zjišťovali jsme velikost Brewsterova úhlu. Na závěr uvádíme ukázkou interferenčního obrazce vzniklého pomocí laseru.

1 Úvod

Pro fotoaparáty, v polarometrii, fotoelasticitometrii, nebo třeba jen pro obrazovky LCD využíváme přírodního jevu, který objevil v roce 1811 Jean-Baptiste Biot s názvem polarizace. Co to vlastně polarizace je? Jakými způsoby vzniká? Kde se s ním v přírodě můžeme setkat? Další úkaz, který budeme v této práci zkoumat, se nazývá interference světla. Podíváme se, jakým způsobem vytvářet interferenční obrazce a povíme si dále něco k zákonům, které zde platí.

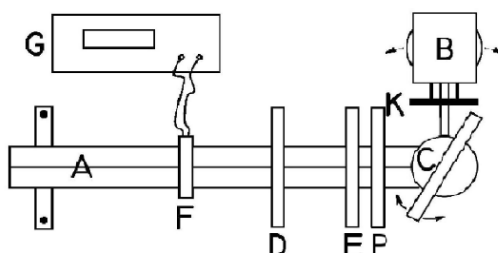
2 Polarizace

Jednou z mnoha vlastností světla, která jej definuje, je intenzita elektrického pole \vec{E} . Právě rovina šíření této veličiny nám prozrazuje, zda-li světlo, které zkoumáme, je či není polarizované. Pokud tento vektor kmitá v jedné rovině, jedná se o světlo polarizované. Pokud tuto podmínku nespĺňuje a kmitá všemi směry, jde o světlo nepolarizované. Máme několik možností, jak polarizace světla dosáhnout: odrazem, dvojlomem nebo absorpcí. My jsme zkoumali první a třetí možnost. První pro demonstraci účinku Brewsterova úhlu a třetí pro dokázání Malusova zákona.

2.1 Brewsterův úhel

Jedná se o úhel, pod kterým se odráží světelný paprsek od skleněné desky maximálně polarizovaný. Toho jsme dosáhli při našem prvním pokusu. Plán aparatury zobrazuje i s popisky částí obrázek 1.

A	Optická lavice	F	Fotočlánek
B	Světelný zdroj	G	Multimetr
C	Otočné černé zrcadlo	K	Matnice
D	Polarizační filtr	P	Clona
E	Čtvrtvlnná deska		



Obrázek 1: Aparatura pro měření Brewsterova úhlu. Zdroj: [2]

Ze světelného zdroje B vychází nepolarizované světlo na černé zrcadlo C. Světlo se odráží do polarizačních filtrů a prochází skrz čtvrtvlnnou desku. Dále je propuštěno či zachyceno polarizačním filtrem D (analyzátozem) v závislosti na natočení vůči polarizátoru C. Pomocí fotočláneku F za analyzátozem jsme měřili intenzitu elektrického pole \vec{E} pro úhly c, 45° , 90° pro natočení C vůči D. Aparatura je vyobrazena na obrázku . Brewsterův úhel jsme odhadli na přibližně 50° pro natočení stolku vůči kolmici k optické lavici. Při této hodnotě je analyzátozem propuštěno při natočení vůči polarizátoru o 0° nejvíce světla a při natočení o 90° nejméně (mj. jsme dokázali, že je světlo vůbec polarizované). Brewsterův úhel lze určit ze závislosti:

$$\frac{n_2}{n_1} = \tan \theta, \quad (1)$$

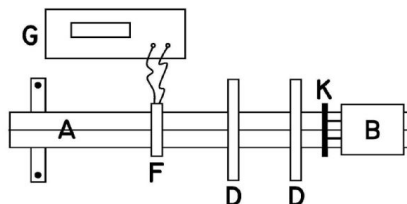
kde n_1 , resp. n_2 jsou indexy lomu příslušných prostředí.

2.2 Ověření Malusova zákona

Malusův zákon nám říká: pokud prochází polarizátorem P světlo a dopadá na analyzátor A, poté jím plně prochází, pokud mezi natočením P a A je úhel 0° a neprochází, pokud je natočení 90° . (Bereme v potaz pouze částečně či úplně polarizované světlo.) Pro neúplně polarizované světlo nebude průchod tak ostře ohraničen. Také bereme v potaz úhly pouze od 0° do 90° , protože dalším natáčením do 180° bychom dostali obrácený proces. Závislost výchozí intenzity na původní intenzitě lze určit z následující rovnosti:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (2)$$

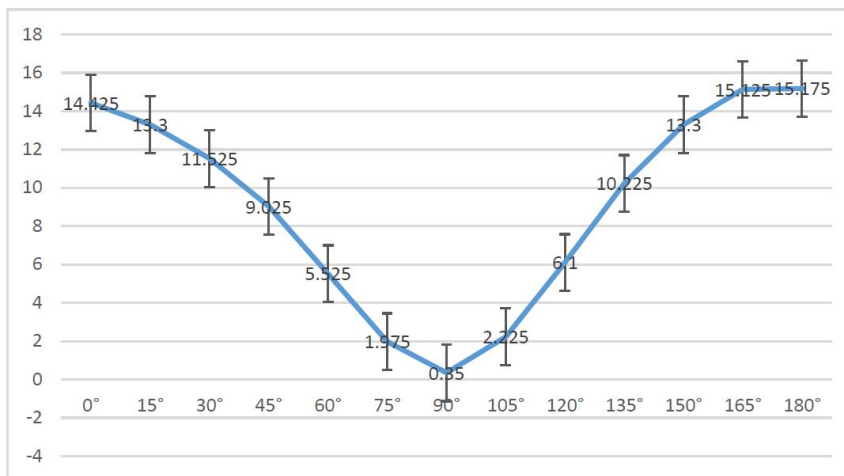
kde I je intenzita paprsku prošlého polarizátorem, I_0 je intenzita vstupního paprsku, φ je úhel natočení polarizátoru vůči analyzátoru. Sestavení aparatury je znázorněno na obrázku 2. Průběh experimentu je podobný předchozímu, jen polarizátorem se stává polarizační filtr místo černého zrcadla.



Obrázek 2: Aparatura pro měření Malusova zákona, popis je stejný jako u obrázku 1. Zdroj: [2]

úhel	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°
1)	14.4	13.3	11.5	9	5.5	2	0.3	2.2	6.2
2)	14.6	13.5	11.3	8.9	5.5	1.9	0.4	2.2	6.1
3)	14.4	13.4	11.6	9.1	5.5	2	0.4	2.2	6.1
4)	14.3	13	11.7	9.1	5.6	2	0.3	2.3	6
Průměr	14.425	13.3	11.525	9.025	5.525	1.975	0.35	2.225	6.1
Odchylka	0.125831	0.216025	0.170783	0.095743	0.05	0.05	0.057735	0.05	0.08165

Obrázek 3: Tabulka s výsledky měření světelné intenzity v závislosti na natočení polarizátoru vůči analyzátoru



Obrázek 4: Graf závislosti světelné intenzity na natočení polarizátoru vůči analyzátoru

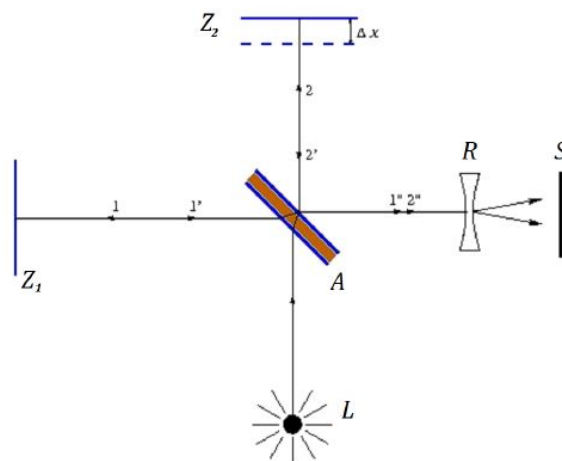
3 Interference

Interference, neboli skládání vlnění, je jev, který nastává, když se dvě či více světelných (koherentních) vlnění střetne v jednom bodě. Poté se budou skládat jejich okamžité hodnoty elektrické a magnetické složky a vznikne jedno nové vlnění. Vlnění je koherentní, má-li stejné frekvence, jejichž vzájemný fázový rozdíl v uvažovaném bodě prostoru se s časem nemění.

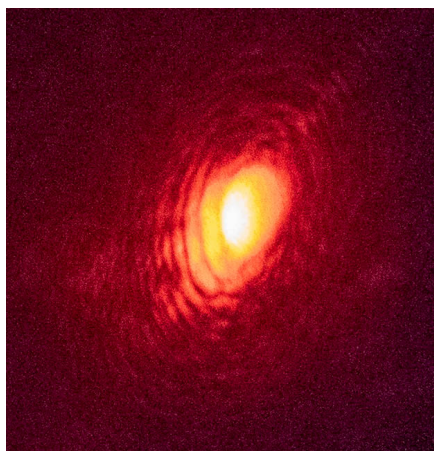
3.1 Michelsonův experiment

Michelson byl slavný experimentální fyzik, který navrhl interferometr, jenž se po něm nazývá Michelsonův. Dobře slouží k ilustraci interference světla. Návrh sestavení aparatury je na obrázku 5.

Funguje na principu vyzářování laserového svazku na Abbeho kostku, kde se rozdělí na dva paprsky. Tyto dva svazky putují na odrazná zrcadla, vracejí se na kostku, kde se zase spojí v jeden paprsek. Ten putuje na stínítko, kde se vytvoří interferenční obrazec, viz obrázek 6. Osvětlené části jsou projevem interferenčního maxima a stín zase minima. Z tohoto experimentu vyšel Michelson-Morleyovo experiment (1887), který vyvrátil hypotézu o existenci éteru.



Obrázek 5: Aparatura Michelsonův experiment: L laser, A Abbeho kostka, Z zrcadla, R rozptylka, S stínítko. Zdroj: [3]



Obrázek 6: Interferenční obrazec, který jsme získali z Michelsonova experimentu

4 Závěr

V naší práci jsme potvrdili Malusův zákon, ověřili jsme existenci Brewsterova úhlu a shlédli krásné interferenční obrazce. Naučili jsme se základní příkazy v programu \LaTeX . Vyzkoušeli jsme si práci s laboratorním zařízením, statistické zpracovávání dat a jejich následnou interpretaci.

5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali naší garantce Bc. Elisabeth Andriantsarazo a organizátorům Týdne vědy na Jadérce.

Reference

- [1] E. Svoboda a kol., Přehled středoškolské fyziky (2016)
- [2] Kolektiv katedry fyziky, FJFI ČVUT, Fyzikální praktikum II, Polarizace světla https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/423/mod_resource/content/8/10_interference_170218.pdf, dostupné ke dni 19.6.2018
- [3] Kolektiv katedry fyziky, FJFI ČVUT, Fyzikální praktikum II, Interference a difrakce světla https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/422/mod_resource/content/7/Polariace_170223.pdf, dostupné ke dni 19.6.2018

Záření plazmatu

M. Iurchenko*

M. Arnoštová**

M. Hrubý***

ZŠ Brána jazyků, Uhelny trh 4, Praha 1*

Gymnázium Nad Alejí, Nad Alejí 1952, Praha 6**

Gymnázium Plzeň, Mikulášské nám. 23, Plzeň***

m.iurchenko@seznam.cz*

misa.arnostova@seznam.cz**

hruby.matous.2000@gmail.com***

Abstrakt:

V tomto projektu jsme se zabývali zkoumáním různého druhu záření. Pro tento účel jsme si vyrobili spektroskopy, s pomocí kterých jsme zkoumali spektra těchto záření. Zkoumané zdroje: sluneční záření, doutnavka, zářivka, neonová výbojka a rozžhavené wolframové vlákno.

1 Úvod

Plazma - ionizovaný plyn. Je nejrozšířenější formou hmoty ve vesmíru. V přírodě můžeme pozorovat záření plazmatu jako hvězdy na noční obloze, polární záři, nebo blesky. V laboratořích můžeme plazma studovat ve výbojích. V našem případě jsme si plazma připravili v jiskrovém výboji při atmosférickém tlaku a v nízkotlaké výbojce. S pomocí spektrální analýzy jsme chtěli zjistit složení plazmatu.

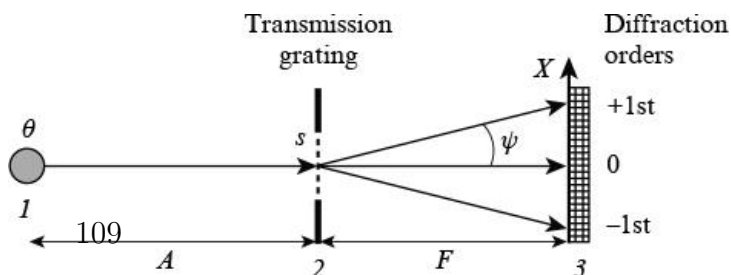
2 Metody

Spektrální analýza

Spektroskopie je fyzikální obor zabývající se vznikem a vlastnostmi spekter. Je to metoda založená na interakci elektromagnetického záření se vzorkem.

My jsme si vyrobili 3 vlastní spektroskopy s pomocí difrakční mřížky ze starého CD a s pomocí dvou žiletek, které vytvořili úzkou štěrbinu, viz obr.2. a 3.

Obr. 1.: Schéma fungování našeho spektroskopu





Obr.2. a 3.: Jeden z našich spektroskopů.

Difrakční mřížka

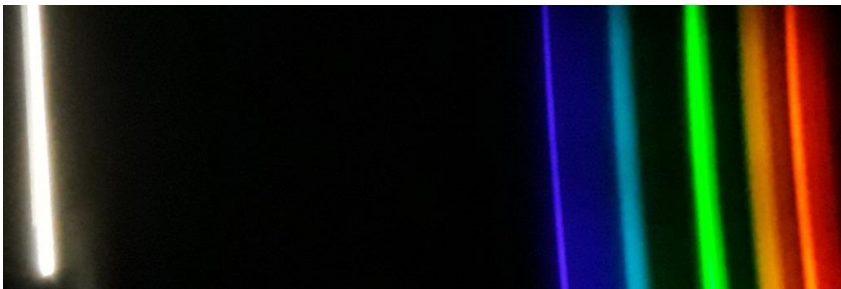
Difrakční mřížka se skládá z hodně malých vrypů. Když světelný paprsek dopadá na difrakční mřížku, a tak se o vrypy ohýbá. Interferencí difragovaného světla vznikají maxima intenzity pro jednotlivé vlnové délky (barvy), kde toto spektrum je charakteristické pro každý zdroj záření.

$$d \sin \alpha = m\lambda$$

Kde d je vzdálenost vrypů na mřížce, α je úhel pod kterým pozorujeme interferenční maximum pro vlnovou délku λ .

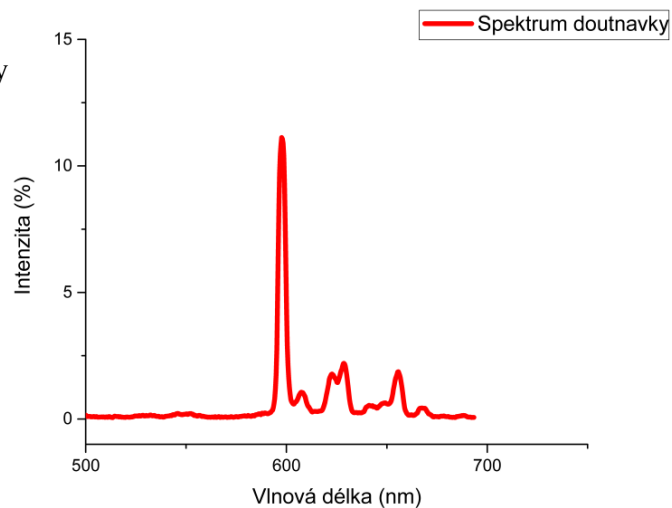
3 Výsledky a diskuse

S pomocí našich spektroskopů jsme získali fotky spekter různých druhů záření. Dále jsme fotky zanalyzovali a vytvořili grafy závislosti vlnové délky na intenzitě záření. Zároveň jsme porovnali výsledky získané z našich spektroskopů s výsledkem měření opravdového vědeckého spektroskopu, konkrétně u záření neonové výbojky. Takto jsme zjistili jak přesné jsou naše spektroskopy.

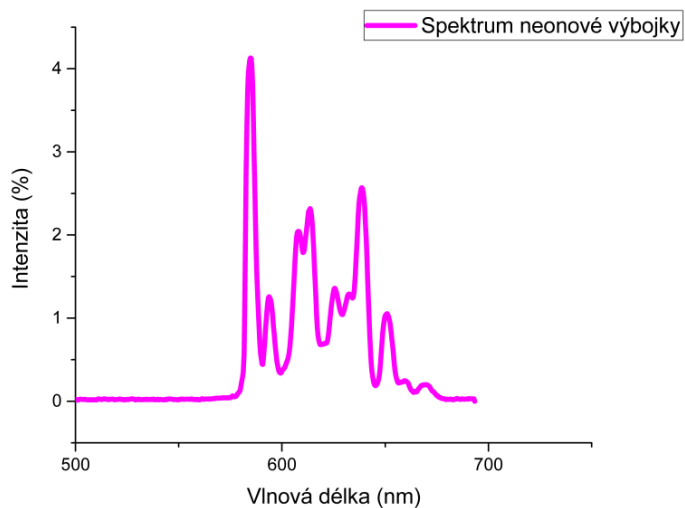


Obr. 4.: Spektrum získané z našeho spektroskopu.

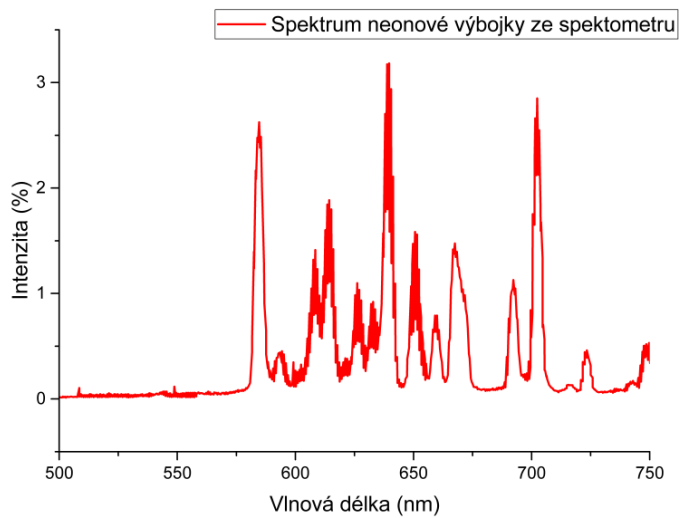
Obr. 5.: Graf spektra záření doutnavky



Obr. 6.: Graf spektra záření z výsledků, které jsme dostali z našeho spektroskopu



Obr. 7.: Graf spektra záření z výsledků, které jsme dostali z vědeckého spektroskopu[2]



Diskuse

Porovnáním spektra získaného našim spektroskopem a spektrem získaným vědeckým spektroskopem, jsme získali kalibrační funkci s pomocí které jsme vytvořili graf číslo 6. Když jsme tuto funkci použili na graf číslo 5, spektrum se o něco posunulo. Tudíž pro každé spektrum musíme udělat kalibraci jenom pro toto dané spektrum.

4 Shrnutí

Ověřili jsme možnosti použití jednoduchého spektroskopu k analýze záření. Zjistili jsme že kalibrace spektroskopu se mění a že není konstantní pro všechna spektra. Rovněž použití fotoaparátu telefonu jako detektoru záření není ideální, jelikož je velice citlivý v červené oblasti spektra. Změřili jsme spektrum neonové zářivky, které bylo ve shodě s vědeckým spektroskopem.

Poděkování

Děkujeme Jaroslavu Kočiškovi za odbornou asistenci a vedení našeho miniprojektu. Také děkujeme organizátorům Týdne vědy na Jaderce za skvělou příležitost a zprostředkování miniprojektů.

Reference:

- [1] ŠTRBA, A. – MESÁROŠ, V. – SENDERÁKOVÁ, D.: *OPTIKA s příklady 1* Univerzita Komenského v Bratislavě, 1996, 143–149.
- [2] ČERVINKA, J. - *Data a konzultace*
- [3] SHEVELKO, A.P.: *Versatile and compact wide-range VUV spectrometer for quantitative measurements* Kvantovaya Elektronika, 2017, 47,9.

Počítačová grafika: pohled pod pokličku

A. Alrawi,
Gymnázium Vídeňská, Brno
abasek.a@gmail.com

T. Roztočilová
Gymnázium Joachima Barranda, Beroun
tera.roz@seznam.cz

P. Korpas
Gymnázium Jana Palacha, Turnov
petr.korpas.15@gmail.com

Tomáš Dulava
Matiční gymnázium, Ostrava
tomdulava@gmail.com

Abstrakt:

Práce se zabývá generací 3D modelu scénérie bowlingové dráhy za použití SDL jazyka v programu POV-Ray.

1 Úvod

Naším cílem bylo se seznámit s algoritmy, které slouží k renderování 3D scén a vyzkoušet si vytvořit model takové scény. Při našem pokusu jsme zvolili POV-Ray, ve kterém jsme se zprvu museli naučit pracovat. Práci na jednotlivých objektech jsme si rozdělili a ve finále zkompletovali.

2 Modelování scény

Program POV-Ray

Práce je zpracovaná v programu POV-Ray. Je to software pro renderování trojrozměrných scén popsaných speciálním programovacím jazykem SDL. Celková scéna se skládá z geometrických objektů světelných zdrojů a specifikací pohledu kamery. Kromě tvarů objektů je také třeba určit vlastnosti povrchu objektů – např.: barvu, texturu, chování vzhledem k odrazu světla.

Kuželky

Autor: Petr Korpas

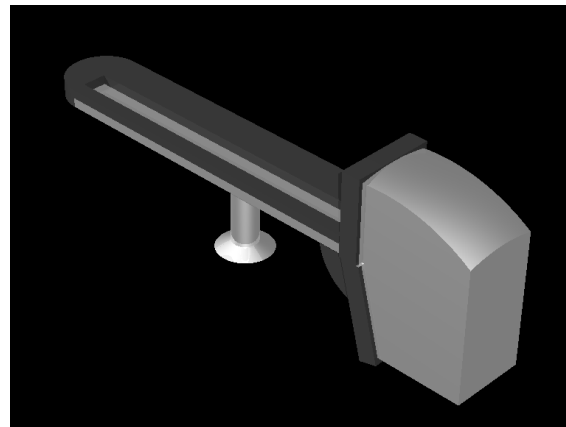
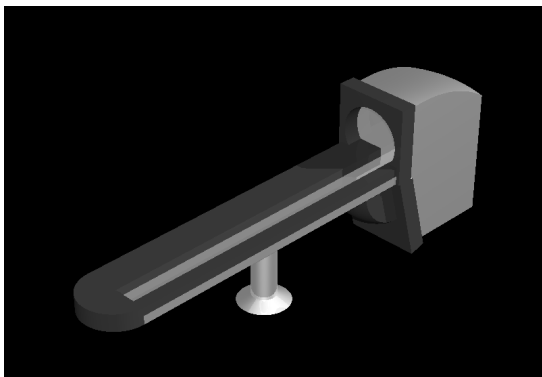
Nejdříve jsem si zkusil vytvořit jednoduchou kouli, abych věděl, jak se zhruba zachází s tímto pro mě novým prostředím. Pak jsem dále vytvořené koule zpracoval speciálním příkazem, aby je sjednotil a vytvořil tvar zhruba podobný kuželce. Další komponentou celého objektu byl komolý kužel, který slouží jako podstava ke kuželce. Tyto dva objekty jsem sjednotil a vznikla kuželka. Celé toto sjednocení jsem obarvil a nanesl texturu pruhů, kterou jsem si předem vytvořil v programu Malování.



Podavač bowlingových koulí

Autorka: Terka Roztočilová

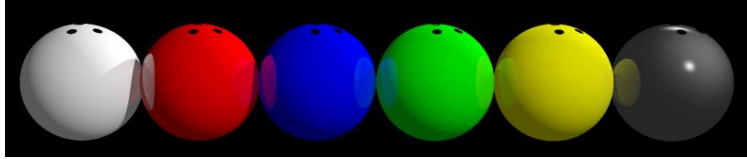
Noha podavače je složena z válce a dvou kuželů a je potažena metalickou texturou. Deska je sestavena z kvádrů a poloviny válce, která vznikla množinovým rozdílem válce a kvádrů. Část desky je potažena metalickou texturou a část má nastaven tmavě šedý pigment. Spodní část těla podavače je tvořena dvěma kvádry, jeden z nich je otočený podle osy z a do něj je vnořen druhý kvádr s metalickou texturou. Horní část je množinový rozdíl koule a pěti kvádrů a stejným způsobem je vytvořen i útvar pod deskou podavače. V horní části těla podavače je přidán ještě jeden kvádr, ve kterém je díra vytvořena množinovým rozdílem kvádrů a válce.



Bowlingové koule

Autor: Petr Korpas

S již předešlou zkušeností s modelováním koulí jsem vymodeloval základní kouli, kterou jsem ochudil o tři díry vzniknuté z průniku tří válců.

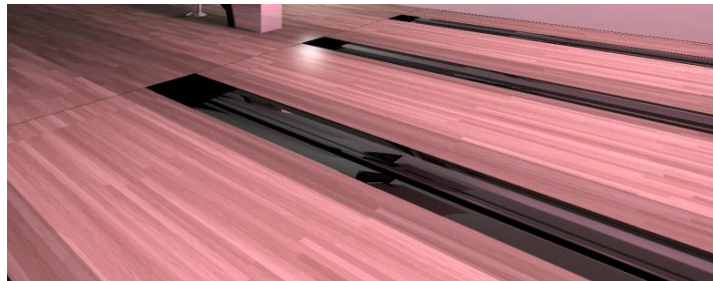


Celý tento objekt jsem řádně obarvil a voilà.

Bowlingová dráha

Autor: Abbas Alrawi

Dráha samotná je složena ze tří kvádrů, z nichž dva mají v sobě vyříznuté žlaby pomocí válce. Zachovalý kvádr představuje plochu dráhy s texturou dřevěných desek, která musela být transformována a natočena, aby vyhovovala rozměrům dráhy. Vyříznuté kvádry mají metalickou texturu a znázorňují žlábký.



Místnost

Autor: Tomáš Dulava

Základní konstrukci místnosti tvoří několik na sebe kolmých kvádrů. Scénu poté doplňuje řada dalších objektů, jako přídatné bloky na stropě místnosti podporující jeho prostorový dojem, zrcadlová plocha na jedné ze zdí, dráha a monitory nad ní, kuželky, bowlingové koule a jejich podavače.

Důležitým prvkem scény je její osvětlení. V tomto konkrétním případě se nachází řada světelných zdrojů na stropě místnosti, a tvoří tak hlavní zdroj osvětlení. Mimo to se však na scéně vyskytují také světelné zdroje přímo nad kuželkami.

Výsledky

Na obrázku níže můžete vidět několik pohledů na výslednou scénu s různými nastaveními osvětlení.





3 Shrnutí

Konečným produktem je scéna bowlingové dráhy. Práce probíhala plynule díky našemu rozdělení jednotlivých objektů. Získali jsme také mnoho nových zkušeností a přehled v oblasti tvorby trojrozměrné grafiky.

Poděkování

Především děkujeme našemu vedoucímu Ing. Pavlu Strachotovi, Ph.D., který nám představil generování 3D objektů a během trvání celého projektu nám vřele radil a pomáhal. Také děkujeme FJFI ČVUT za poskytnutí prostor a nástrojů a organizátorům TV@J za realizaci celého projektu.

Reference:

[1] *POV-Ray*. URL: <https://www.povray.org/> [cit. 2018-06-19].

Přepřerování ozářeného jaderného paliva – separace lanthanoidů a minoritních aktinoidů

M. Benešová*, K. Černá**, H. Loskot***, V. Scholzeová****

*VOŠ a SPŠ elektrotechnická, Plzeň; **Gymnázium Česká, České Budějovice, ***Masarykovo gymnázium, Příbor; ****Gymnázium Trutnov

e-mail: hynek.loskot@gypri.cz

Abstrakt:

Práce se zabývá separačními metodami, používanými k oddělení minoritních aktinoidů od lanthanoidů ve vyhořelém jaderném palivu. Byly vyzkoušeny dvě metody, první metodou byla kapalinová extrakce a druhou extrakce na pevné fázi. Vzorky byly analyzovány na gama a alfa-spektrometru.

1 Úvod

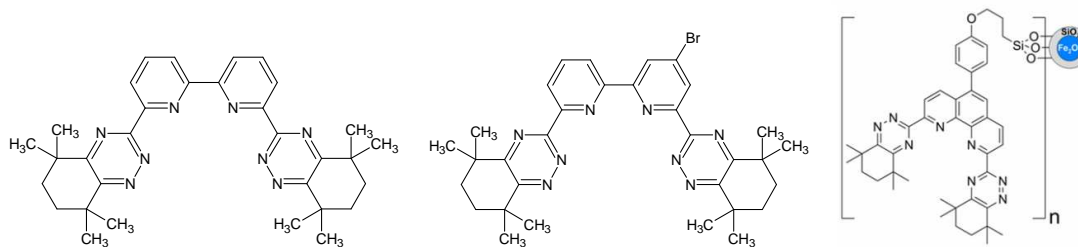
Jedním z hlavních cílů výzkumu v současné jaderné energetice je redukce radiotoxicity jaderného odpadu. Toho lze dosáhnout separačními procesy, kterými se oddělují jednotlivé složky vyhořelého jaderného paliva. Pro budoucí praktické využití má velký význam metoda SANEX, při které jsou oddělovány aktinoidy, které mají největší podíl na dlouhodobé radioaktivní zátěži paliva, od lanthanoidů.

2 Vyhořelé jaderné palivo

Při procesu výroby jaderné energie vzniká jako odpad ozářené jaderné palivo, které se skládá z uranu (94 %), štěpných produktů (4-5 %), plutonia (1 %) a minoritních aktinoidů (0,1 %). Lanthanoidy jsou chemické prvky s protonovým číslem 57 až 71 počínající lanthanem, aktinoidy jsou prvky s protonovým číslem 89 až 103 počínající aktiniem. Ačkoli jsou minoritní aktinoidy (mezi něž řadíme americium, curium a neptunium) zastoupené v minimálním množství, jsou zodpovědné za dlouhotrvající radioaktivitu paliva, která se pohybuje v řádech tisíců až milionů let, a za vysokou teplotu vyhořelého paliva. Z tohoto důvodu se hledají možnosti, jak tyto látky z paliva separovat. Mezi nejznámější separační procesy jaderného paliva patří PUREX, DIAMEX a SANEX.

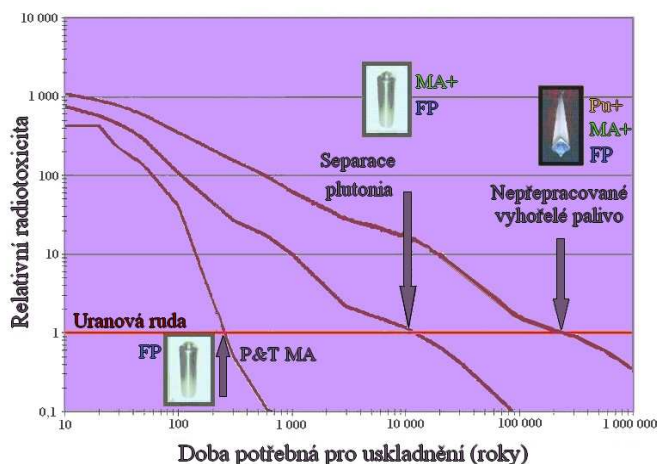
Při procesu **PUREX** (Plutonium Uranium Redox Extraction) jsou separovány uran a plutonium z vysoce koncentrovaných roztoků kyseliny dusičné. V následném **DIAMEX** (Diamide Extraction) procesu jsou z PUREX rafinátu odstraněny lanthanoidy a aktinoidy, které jsou následně od sebe odděleny v průběhu procesu **SANEX** (Selective Actinide Extraction). Separace aktinoidů od lanthanoidů je velice složitý proces kvůli jejich podobným

chemickým vlastnostem. Za tímto účelem jsou využívány *N*-donorové ligandy (například CyMe₄-BTBP a další, které jsou na Obr. 1).



Obr. 1: Struktura CyMe₄-BTBP, Br-CyMe₄-BTBP a CyMe₄-BTBPen-SiO₂-Fe₂O₃

Hlavním cílem výše zmíněných procesů je snížení objemu vysoce radioaktivních odpadů v hlubinných uložistiích, snížení času, po který bude tento odpad třeba v hlubinném uložisti monitorovat, než jeho radiotoxicita klesne na takovou úroveň, která je shodná s úrovní radiotoxicity uranové rudy, ze které je palivo vyrobeno (viz Obr. 2).



Obr. 2: Časová závislost relativní radiotoxicity ozářeného jaderného paliva v závislosti na typu přepracování.

3 Metodologie a výsledky

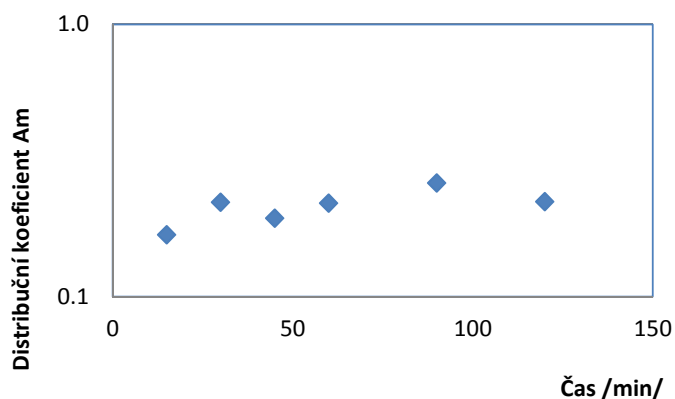
Distribuční koeficient je definován jako poměr koncentrací v organické a vodné fázi. Separační faktor SF je dán poměrem distribučních koeficientů dvou kovů. Hmotnostní distribuční koeficient se spočítá jako distribuční koeficient vynásobený V/m, kde V je objem vodné fáze a m je hmotnost extrahentu (včetně matrice).

Kinetika Br-CyMe₄-BTBP v oktanolu (kapalina-kapalina)

Navázili jsme 0,0257 g Br-CyMe₄-BTBP a rozpustili v 8,4 ml oktanolu. Tato směs tvořila organickou fázi. Vodnou fázi tvořil 2M roztok HNO₃ o objemu 8,5 ml, ke kterému bylo přidáno 30 μl Cm, 60 μl Am a 100 μl Eu. Fáze byly smíchány v poměru 1 ml : 1 ml. Díky

nemísitelnosti kapalin vznikly dvě vrstvy, nahoře organická a dole vodná. Šest takto připravených vzorků jsme nechali na různé časové úseky (15, 30, 45, 60, 90 a 120 min) v třepačce. Po uplynutí každého úseku byl vzorek vložen do centrifugy na 1 minutu na 6000 otáček za minutu. Z každého vzorku bylo odebráno 200 μ l horní organické vrstvy a spodní vodné vrstvy, které pak byly měřeny gama spektrometrem.

Výsledky jsou znázorněny v grafu, které ukazují, že k rovnovážnému stavu se soustava ustálila po přibližně 30 minutách. V tomto systému takřka nedocházelo k extrakci Eu.



Obr. 3: Kinetika Br-CyMe₄-BTBP v oktanolu

Vliv koncentrace kyseliny na výsledky v systému kapalina-pevná fáze – CyMe₄-BTPhen-SiO₂-Fe₂O₃

Byly vytvořeny dva vzorky: bylo smícháno 600 μ l 0,01mM a 600 μ l 0,05mM HNO₃ s CyMe₄-BTPhen ukotveného na SiO₂ s nanočásticemi (o hmotnosti 17,6 mg a 17,9 mg). Systém byl označen Am a Eu. Tento systém byl třepán a fáze byly odděleny a změřeny pomocí gama spektrometrie.

Tab. 1: Extrakce na pevné fázi

c(HNO ₃)	DwAm	DwEu	SFAm/Eu
0,01	74,91	30,62	2,45
0,05	189,63	213,51	0,89

Dle dat z tabulky můžeme usuzovat, že s rostoucí koncentrací kyseliny HNO₃ rostou hodnoty hmotnostního distribučního koeficientu a zároveň se snižují hodnoty separačního faktoru.

Vliv koncentrace extrakčního činidla (kapalina-kapalina)

Byly připraveny roztoky CyMe₄-BTBP (0,0021 g) + BK-1 (1 ml) + 4M HNO₃ (1 ml) a CyMe₄-BTBP (0,0005 g) + BK-1 (1 ml) + 4M HNO₃ (1 ml). Tyto vzorky byly následně

zahřáty a ponořeny do ultrazvukového bazénku na 15 minut pro lepší rozpustnost. Poté byla obě fáze třepány po dobu 60 minut a odděleny vzorky pro alfa (10 μ l) a gama spektrometrii (200 μ l). S rostoucí koncentrací činidla CyMe₄-BTBP rostly hodnoty distribučního koeficientu i separačního faktoru ve sledovaném intervalu. Ze zjištěných hodnot je zřejmé, že s rostoucí koncentrací kyseliny se zvyšuje jak distribuční koeficient, tak i separační faktor.

Tab. 2: Vliv koncentrace činidla na distribuční koeficient a separační faktory

c(činidla)	D(Am)	D(Eu)	SFAm/Eu
1 mM	0,89	0,01	64,1
4 mM	50,53	0,26	193,4

c(činidla)	D(Am)	D(Cm)	SFAm/Cm
1 mM	0,9	1,0	0,9
4 mM	22,3	12,8	1,7

4 Závěr

V průběhu našeho miniprojektu jsme se naučili pracovat v radiochemické laboratoři, kde jsme zkoumali vliv různých faktorů (koncentrace kyseliny, koncentrace extrakčního činidla a závislost na čase) na separaci lanthanoidů a minoritních aktinoidů.

Poděkování

Touhle cestou bychom chtěli poděkovat za pomoc a cenné rady RNDr. Ing. Petru Distlerovi, Ph.D., paní Janě Steinerové a slečně Miriam Mindové.

Literatura

AFSAR, A.; DISTLER, P.; HARWOOD, L.M.; JOHN, J.; WESTWOOD, J: Synthesis and Screening of Modified 6,6'-Bis(5,5,8,8-tetramethyl-5,6,7,8-tetrahydrobenzo[e] [1,2,4]triazin-3-yl)-2,2'-bipyridine Ligands for Actinide and Lanthanide Separation in Nuclear Waste Treatment. *The Journal of Organic Chemistry*, 2016, 81 (21), 10517–10520.

LEWIS, F. W.; HARWOOD, L. M.; HUDSON, M. J.; DISTLER, P.; JOHN, J.; ŠTAMBERG, K.; NÚÑEZ, A.; GALÁN, H.; ESPARTERO, A. G. Synthesis and Evaluation of Lipophilic BTBP Ligands for An/Ln Separations in Nuclear Waste Treatment: Effect of Alkyl Substitution on Extraction Properties and Implications for Ligand Design. *European Journal of Organic Chemistry*. 2012, 8, 1509–1519.

PANAK, P.; GEIST, A. Complexation and Extraction of Trivalent Actinides and Lanthanides. *Chemical Reviews - American Chemical Society*, 2013, 113 (2), 1199–1236.

How to prove if quantum theory is correct?

Artur Uldrich¹, Bara Siptakova², Klara Kasalova³, Zdenek Plesek⁴

¹Svobodna Chebska skola a gymnazium Cheb, Janske namesti 15

²Gymnazium Brno, Videnska, Prispevkova organizace

³ Friedrich Schiller Gymnasium, Pirna

⁴Masarykovo Gymnazium Pribor, Jicinska 528, Pribor

¹uldrich.artur@seznam.cz

²barca.siptakova@gmail.com

⁴zdenek.plessek@gypri.cz

Abstract:

We have proposed an envelope experiment to illustrate the spin orientation of electrons. Then we deduced an inequality and showed that quantum computer can violate it.

1 Introduction

The motivation is that quantum mechanics predicts perfect correlations between spin measurements of harmonized electrons. Einstein, Podolsky and Rosen called this a “spooky action at a distance,” and argued that quantum mechanics was incomplete, because the speed of information between two electrons has to be faster than speed of light. Then Bell came and showed that in situations which Einstein, Podolsky and Rosen had in mind the correlations must satisfy certain inequalities.

2 Correlations in an envelope experiment

2.1 Proposal

Let there be an envelope containing two medium envelopes (electrons) which each contain three marked small envelopes. Each of them carrying binary information (the spin),

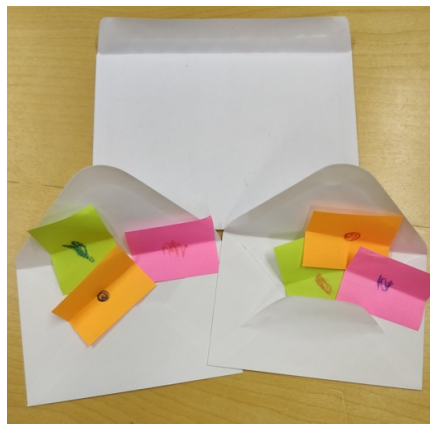


Figure 1 The envelopes

represented by either red or blue dot. The spin information will always be negative of the information in the respective small envelope.

First, we distribute the medium envelopes to two different people (Alice and Bob) and they each open their medium envelope and randomly choose one of the small envelopes.

2.2 Probabilities

Based on the rules by which the small envelopes are created, we can divide them into four groups.

Group	First envelope	Second envelope	Probability
A	r r r	b b b	W_a
B	r r b	b b r	W_b
C	r b r	b r b	W_c
D	r b b	b r r	W_d

$P(1r,2r)$ represents the probability of Alice opening the first small envelope and finding red dot, and Bob opening the second small envelope and finding red dot. Mathematically, we can express all of these probabilities by sums of probabilities of the group that fulfil the criteria.

2.3 Bell's inequality

An example of a Bell's inequality is

$$p(1r, 2r) + p(2r, 3r) - p(1r, 3r) \geq 0 \quad (1)$$

This can be changed by substituting $p(1r, 2r) = \frac{1}{18} (W_c + W_d)$, $p(2r, 3r) = \frac{1}{18} (W_b + W_c)$, $p(1r, 3r) = \frac{1}{18} ((W_c + W_d) + (W_b + W_c) - (W_b + W_d)) \geq 0$.

And this simplifies into

$$2W_c \geq 0.$$

3 Correlations in a quantum computer

The electron spin can be simulated by qubit in a quantum computer

3.1 The interface to the IBM Q

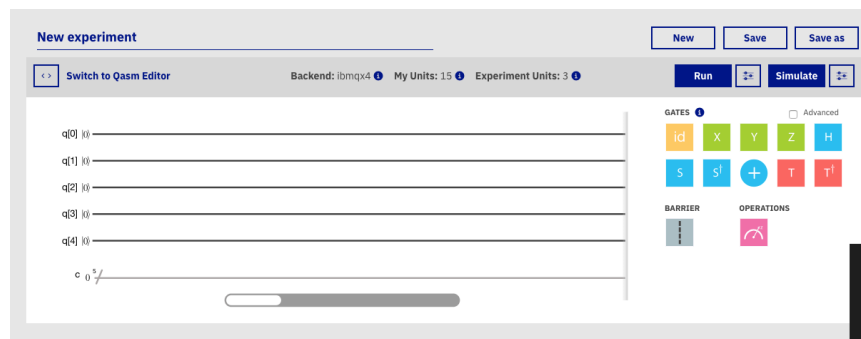


Figure 2 The web interface of IBM Q

Each qubit is represented by a line and we can drag gates onto these lines to create a quantum algorithm. We can run or simulate the algorithm by clicking in the appropriate button.

3.2 Bell's state

The Bell's state on figure 3 is such a state that the two qubits are perfectly anti-correlated, that means if one qubit is found to be 0 then the other is sure to be 1. This is the state used in the EPR paradox.



Figure 3 The code for a Bell's state

3.3 Rotations

The EPR experiment requires to rotate the spin detectors. This can't be achieved in IBM Q, so the qubit itself is rotated. We use the H gate to rotate about the x axis by 90°, and the T gate to rotate about z axis by 45°.

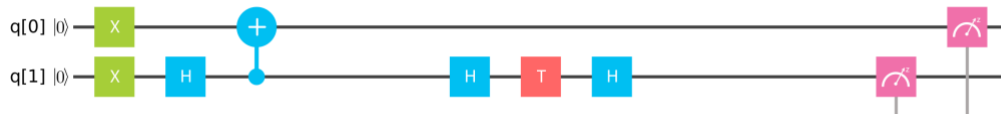


Figure 4 p(1,2)

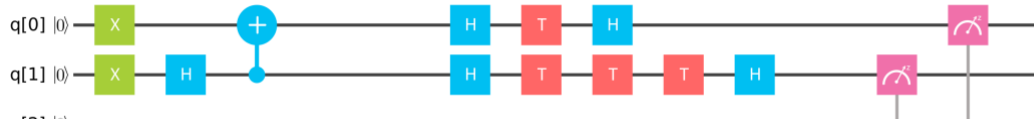


Figure 5 p(2,3)

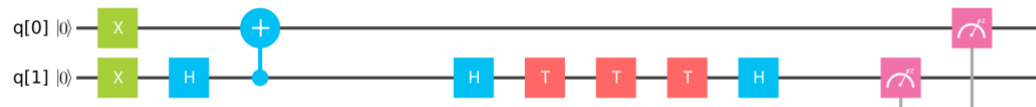


Figure 6 p(1,3)

Setting #1 corresponds to the z axis, setting #2 is rotated by 45° about the y, setting #3 is rotated by 135°.

3.4 Results and violation

The results given by the quantum computer are shown in figures 7-9.

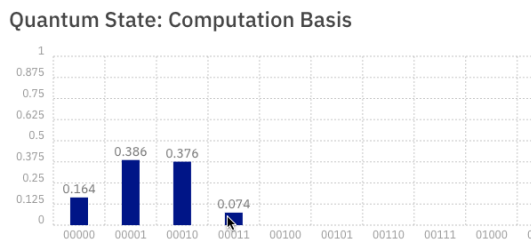


Figure 7 results for the algorithm on figure 4

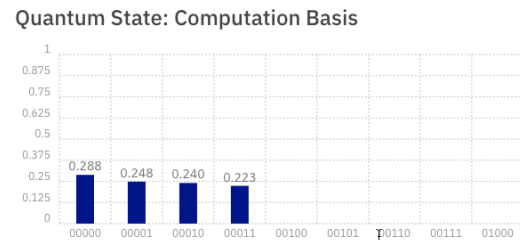


Figure 8 results for the algorithm on figure 5

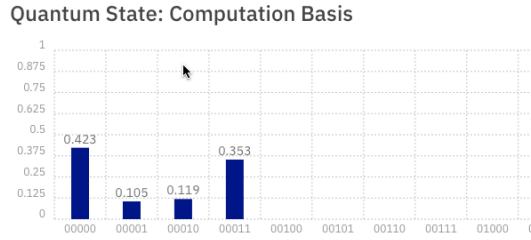


Figure 9 results for the algorithm on figure 6

If we associate zeros with blue and red with ones, we can read off the values $p(1r,2r)$, $p(2r,3r)$ and $p(1r,3r)$. We substitute this into inequality (1) and the result is

$$0.74 + 0.223 - 0.353 = -0.056 \geq 0,$$

what is contradiction.

4 Conclusions

We have executed the proposed experiment and deduced the probabilities then we proceeded with experiment IBM Q and shown that the Bell's inequality is violated. This experiment proves that quantum mechanics can violate Bell's inequality. To prove that quantum mechanics is correct we would need to do this experiment with the two qubits at great distance.

Acknowledgements

The authors will want to express their thanks to Aurel Gabris for leading the project and knowledgeable insight into the problematics of quantum theory. We would also like to acknowledge IBM for access to their IBM Q.

References:

- [1] Einstein, A; B Podolsky; N Rosen: "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" *Physical Review*. 47 (10): 777–780 (1935)
- [2] Bohm, D. (1951). *Quantum Theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, page 29, and Chapter 5 section 3, and Chapter 22 Section 19.
- [3] Bell, John. On the Einstein–Poldolsky–Rosen paradox, *Physics* 1 3, 195–200 (1964)

Radioimunoanalýza

Z. Hudáčová¹, K. Bodnár², L. Peterková³, J. Turza⁴, E. Mouková⁵, D. Příbyl⁶

¹Bilingválne gymnázium Milana Hodžu, Sučany, ²Gymnázium Kadaň, ³Wichterlovo gymnázium, Ostrava-Poruba, ⁴Gymnázium Velké Meziříčí, ⁵Gymnázium Jana Keplera, ⁶Gymnázium Milady Horákové

¹zuzka.hudacova@gmail.com, ²krystof.bodnar@seznam.cz, ³lucie.peterkova@volny.cz, ⁴turzajan@email.cz, ⁵elimoukova@seznam.cz, ⁶daniel.pribyl@email.cz

Abstrakt:

Radioimunoanalytické metody slouží k *in vitro* stanovení koncentrací různých látek v tělních tekutinách. Vlastní stanovení vychází z reakce antigenu a protilátky, z nichž jedna je radioaktivně značená. V rámci tohoto miniprojektu bylo provedeno stanovení koncentrace estriolu v neznámém vzorku metodou radioimunoanalýzy (RIA).

1 Úvod

V dnešní době se do popředí dostávají metody využívající radionuklidy při měření koncentrace různých látek v tělních tekutinách či tkáňových extraktech. Imunoradioizotopové metody se vyznačují vysokou citlivostí a specificitou. Vysoká citlivost je dána radiometrickým vyhodnocováním. Vysoká specificita je dána tím, že metoda je založená na reakci látky s protilátkou. Těmito metodami lze určit poměrně jednoduše a při malém množství vzorku (10-100 μ L) každou látku, proti které lze připravit odpovídající protilátku. Specificita nemusí být vždy absolutní, což je dáno konkurenčními reakcemi ve zkoumaném vzorku.

Existují dvě varianty metody, RIA (radioimmunoassay) a IRMA (immunoradiometric assay). Princip metody RIA spočívá v tom, že rovnovážná konstanta reakce *látka-protilátka* je stejná jako rovnovážná konstanta *radioaktivně značená látka-protilátka*. Čím vyšší bude koncentrace dané látky, tím menší budou naměřené hodnoty radioaktivity v komponentech obsahujících protilátku. Ačkoliv je možné použít široké spektrum radionuklidů, v praxi se však nejvíce používá ¹²⁵I či ³H. Poločas rozpadu ¹²⁵I je 60 dní a ³H 13 let.

Princip metody IRMA se od metody RIA liší tím, že se používají dvě protilátky, z nichž jedna je značená. Dochází k vytvoření tzv. sendvičového komplexu. Čím vyšší bude koncentrace dané látky ve vzorku, tím vyšší budou naměřené hodnoty radioaktivity.

V rámci tohoto experimentu byla stanovována koncentrace estriolu. Jedná se o ženský pohlavní hormon. Stanovování se používá pro odhad rizika výskytu Downova syndromu v prenatálním screeningu.

2 Materiály a metody

Ke stanovení koncentrací estriolu ve vzorcích C1 a C2 byl použit kit RIA Unconjugated Estriol. V obou případech bylo postupováno podle následujícího postupu. V každém experimentu bylo použito devět zkumavek potažených protilátkou. Do zkumavek označených čísly 0-5 bylo odpipetováno 50 μ L kalibrátoru o různé koncentraci estriolu. Do zkumavky

označené jako C2/C1 bylo odpipetováno 50 μL neznámého vzorku a zbylé dvě zkumavky (T1, T2) sloužily pouze jako kontrolní vzorky a obsahovaly jen radioindikátor.

Do každé z těchto zkumavek bylo odpipetováno 300 μL radioindikátoru, zkumavky byly promíchány a inkubovány po dobu 30 minut. Poté byla kapalná fáze odsáta (kromě T1 a T2) a byla změřena aktivita vzorku na scintilačním detektoru.

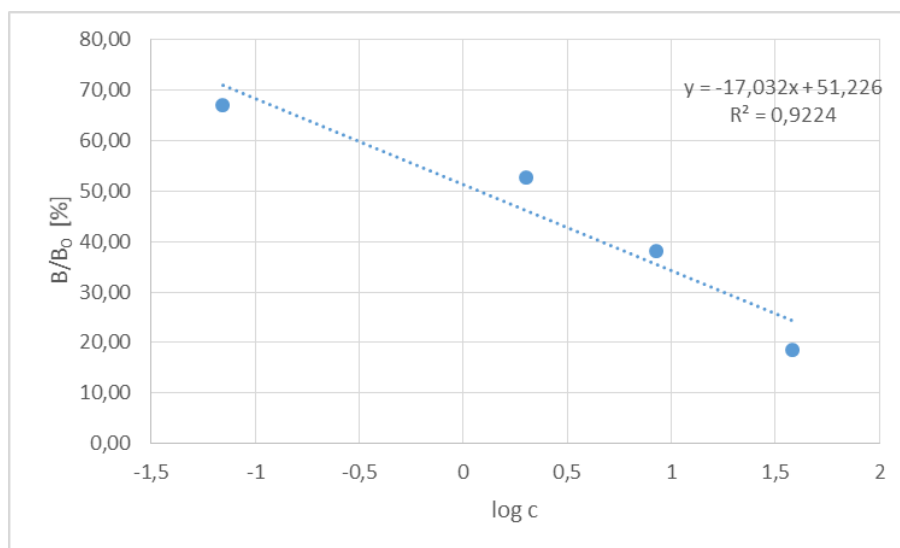
3 Výsledky a diskuse

V tabulkách 1 a 2 jsou shrnuty naměřené hodnoty četnosti impulzů jednotlivých vzorků a pozadí pro obě stanovení.

Stanovení koncentrace ve vzorku C2

Tab. 1: Naměřené hodnoty četnosti impulzů vzorků a pozadí, průměrné hodnoty četností impulzů B_p a čisté četnosti impulzů vzorků B

ID	c [ng/mL]	1 [cps]	2 [cps]	3 [cps]	B_p [cps]	B [cps]	B/B_0 [%]
Pozadí	-	21	20	21	21	-	-
0	0	177	175	178	177	156	100,00
1	0,07	128	123	125	125	104	67,09
2	0,50	162	156	161	160	139	89,10
3	2,00	105	102	102	103	82	52,78
4	8,50	80	81	80	80	59	38,25
5	38,0	49	50	50	50	29	18,59
C2	?	151	155	149	152	131	83,97
T1	-	220	225	224	223	202	-
T2	-	224	229	227	227	206	-



Graf 1: Závislost B/B_0 [%] kalibračních vzorků na $\log c$ estriolu

Kalibrační přímka (viz graf 1) byla konstruována jako lineární regrese závislosti B/B_0 (poměr čisté četnosti impulzů kalibrátoru a čisté četnosti kalibrátoru s nulovou koncentrací) na $\log c$,

přičemž byla zjištěna odchylka v případě koncentrace 0,50 ng/mL, která byla pravděpodobně způsobena chybou při pipetování. Z důvodu odlehlosti nebyl bod použit pro sestavení grafu. Pomocí kalibrační přímky byla vypočtena koncentrace v neznámém vzorku C2:

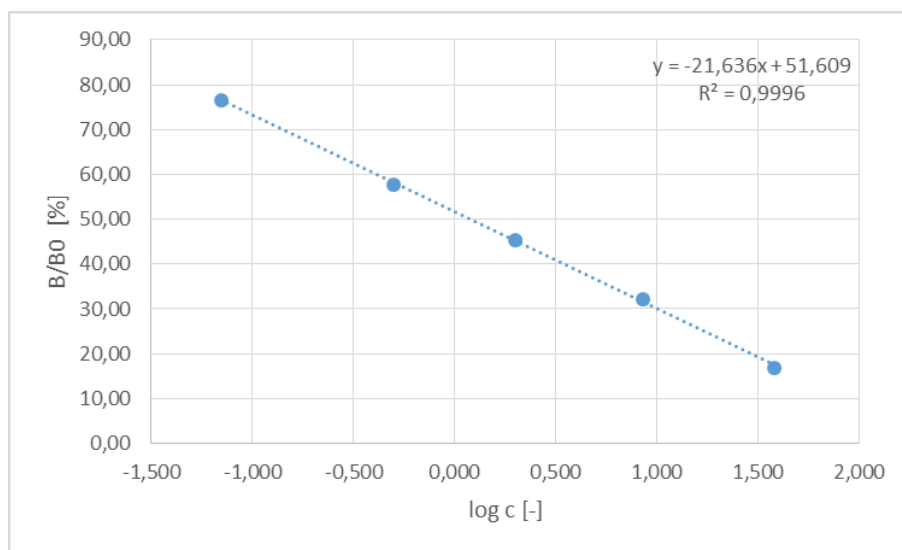
$$\log c = - (83,974 - 51,226) / 17,032 = -1,923$$

$$c = 0,012 \text{ ng/mL}$$

Stanovení koncentrace ve vzorku C1

Tab. 2: Naměřené hodnoty četnosti impulsů vzorků a pozadí, průměrné hodnoty četnosti impulsů B_p a čisté četnosti impulsů vzorků B

ID	c [ng/mL]	1 [cps]	2 [cps]	3 [cps]	B_p [cps]	B [cps]	B/ B_0 [%]
Pozadí	-	21	20	21	21	-	-
0	0	160	158	159	159	138	100,00
1	0,07	127	127	126	127	106	76,57
2	0,50	99	101	102	101	80	57,73
3	2,00	83	85	83	84	63	45,41
4	8,50	64	67	65	65	44	32,13
5	38,0	44	45	44	44	23	16,91
C1	?	102	101	100	101	80	57,97
T1	-	233	227	233	231	210	-
T2	-	225	225	225	225	204	-



Graf 2: Závislost B/ B_0 [%] kalibračních vzorků na log c estriolu

Kalibrační přímka (viz graf 2) byla konstruována jako lineární regrese závislosti B/ B_0 (poměr čisté četnosti impulsů kalibrátoru a čisté četnosti kalibrátoru s nulovou koncentrací) na log c. Pomocí kalibrační přímky byla vypočtena koncentrace v neznámém vzorku C1:

$$\log c = - (57,970 - 51,609) / 21,636 = -0,294$$

$$c = 0,508 \text{ ng/mL}$$

4 Shrnutí

Osvojili jsme si metody radioimunoanalýzy. Byly změřeny kalibrační závislosti a stanoveny koncentrace estriolu pomocí radioimunoanalýzy ve vzorcích C1 a C2. Pro C1 byla naměřena koncentrace 0,508 ng/mL a pro C2 0,012 ng/mL.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat za pomoc a podporu při práci skvělým konzultantům Ing. Kateřině Fialové, Ing. Lukáši Ondrákovi, Mgr. Kláře Belešové, Ing. Ekaterině Kuklevě a RNDr. Martinu Vlkovi, Ph.D. Dále bychom chtěli poděkovat organizačnímu výboru Týdne vědy 2018 za průběh celé akce.

Reference:

- [1] MAJER, V.: *Základy jaderné chemie*, SNTL, 1981
- [2] SPC kitu RIA Unconjugated Estriol
- [3] SAHA, G. B.: *Physics and radiobiology of nuclear medicine*, Springer Science and Business Media, 2012

Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní druhy

B. Baštářová*, P. Kubička**, D. Mikuš***

* Gymnázium Blovice, Družstevní 650, 336 13 Blovice
barullinka2@gmail.com

** SPŠSE Dukelská 260/13, 370 01 České Budějovice
pkznak@seznam.cz

*** Bilingválne gymnázium M. Hodžu, J. A. Komenského
215/10, 038 52 Sučany, mikusdario@gmail.com

Ing. Miloš Tichý, CSc. – milos.tichy@fjfi.cvut.cz

Abstrakt:

Měřili jsme dolet záření alfa a zeslabení záření gama. Naměřené hodnoty zhruba odpovídají hodnotám v literatuře.

1. Úvod

Radioaktivní záření

Samotné záření můžeme rozdělit do dvou skupin – částicové a elektromagnetické. Mezi částicové záření řadíme záření alfa – proud letících heliových jader (2 protony, 2 neutrony). Elektromagnetické záření je gama – proud letících fotonů. Je specifické různou vlnovou délkou – nepřímo úměrná frekvenci.

	Vlnová délka [m]	Frekvence [Hz]
Radiovlny	10^3	10^4
Mikrovlny	10^{-2}	10^8
IR	10^{-5}	10^{12}
Viditelné světlo	$0,5 * 10^{-6}$	10^{15}
UV	10^{-8}	10^{16}
RTG	10^{-10}	10^{18}
Gama	10^{-12}	10^{20}

Tabulka 1: Elektromagnetické spektrum

Jednotlivé záření se liší podle toho, jaký materiál je dokáže pohltnout. Pro alfa záření stačí pouze list papíru, aby částice byly pohlceny. Gama záření zcela pohltnout nelze, díky svému exponenciálnímu úbytku. Množství tohoto záření bude nekonečně malé.

K měření spekter daných částic se užívají detektory – plynový (ionizace – z neutrální molekuly nebo atomu se stává iont), scintilační (elektrony z gama záření nebo beta záření excitují elektrony z obalu atomu scintilátoru), polovodičový (probíhá ionizace v pevné látce; tento detektor byl použitý v praktickém cvičení).

Základní jednotkou času rozpadu je becquerel (Bq) – jeden rozpad za 1 sekundu. Druhou jednotkou času rozpadu je Curie (1Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq) – jednotka používána ve Spojených státech amerických.

2. Experimenty

Dolet částic Alfa

Základní pojmy a vztahy

V našem experimentu jsme se soustředili na dolet alfa částic Americia²⁴¹.

Ve vzduchu je dolet alfa částic několik centimetrů, v pevné látce několik milimetrů a ve vakuu doletí nekonečně daleko. Po rozpadu mateřského jádra se rozdělí na dvě části – alfa částice případně na gama kvantum (pouze v případě pokud se dceřiné jádro rozhodne být v excitovaném stavu) a dceřiné jádro. Z reakce vylétají dceřiné jádra a alfa částice s kinetickou energií nepřímo úměrnou jejich hmotnosti, a doprovodné záření γ . Bylo zjištěno, že počet alfa částic se nemění až do určité vzdálenosti, za níž již žádné alfa částice se nevyskytují – této vzdálenosti se říká dolet. Dolet alfa částic souvisí s Geigerovým vztahem:

$$R_s = 0,318E_k^{3/2}$$

R_s - dolet - vzdálenost, na které se všechny částice alfa zastavili

Postup měření

Naše měření můžeme rozdělit na několik kroků. V prvním řadě, je důležité najít vzdálenost, na které částice alfa zastavila. Pomocí detektoru byla postupně zvětšována vzdálenost mezi zdrojem (Americiem) a detektorem. Na obrazovce počítače se zobrazovalo amplitudové spektrum – závislost četnosti impulzů na jejich amplitudě. Byl změřen počet impulzů (alfa částic) za dobu 300 sekund. Po konci každého měření byla zvětšena vzdálenost mezi detektorem a zdrojem, abychom bylo možné najít takovou vzdálenost, kde impulzy jsou už minimální, resp. nejsou. Následně bylo pomocí počítače a programu „Measure“ zjištěna celková plocha píku, resp. integrálu. Naměřené intenzity (plochy píku) byly zkorigovány na geometrii zdroj-detektor a normalizovány pomocí vzorce:

$$N_{kor} = \frac{4\pi(d+s)^2}{P} N_{měř}$$

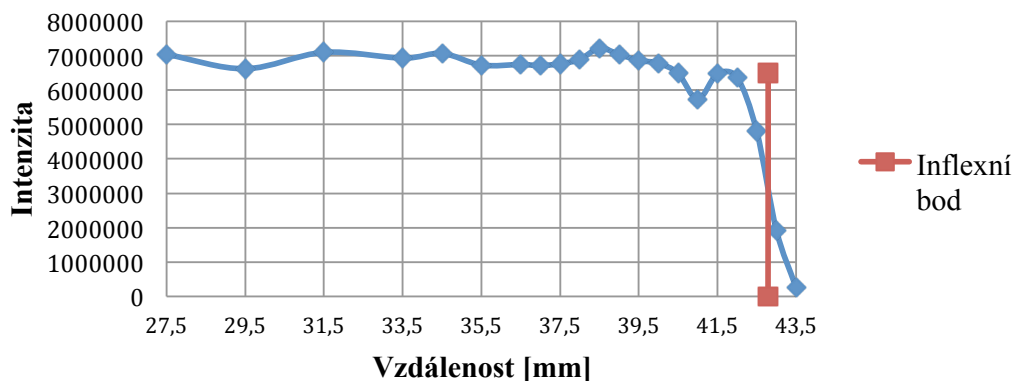
d - vzdálenost detektoru

s - zapuštění detektoru (2,5mm)

P - plocha detektoru

Ze získaných hodnot byl vytvořen graf intenzity od vzdálenosti od zdroje. Body byly pak proloženy polynomem a byla odečtena poloha inflexního bodu (extrapolovaný průsečík s osou-x) = dolet. Energie byla spočítána pomocí Geigerova empirického vztahu pro dolet ve vzduchu: $R_s = 0,318E_k^{3/2}$. Na závěr byla porovnávána energie alfa částic naměřenou s energií alfa částic z literatury.

Intenzita ; Vzdálenost



Graf 1: Intenzita/Vzdálenost

Použité přístroje a materiály

V našem experimentu bylo použito Americium ²⁴¹ a polovodičový křemíkový detektor. Na zpracování výsledků byl použit program „Measure“. Následně na zhotovení grafů, tabulek a informací byl použit program Microsoft Excel.

Metody a postup

Pro co možno nejsprávnější detekci alfa částic byl použit detektor se škálou a kolečkem, které za každé potočení okolo své osy vzdálilo detektor od Americia o 1 milimetr. Pro nalezení inflexního bodu byla použita kolmice na x-ovou osu a postupně byla posouvána blíže k pravému rohu, dokud nebyl nalezen bod, ve kterém se tato kolmice střetává s inflexním bodem a zde byla odečtena hodnota inflexního bodu, resp. vzdálenost doletu alfa částic.

Výsledky

Z grafu 1 vyplývá, že dolet alfa částic je přibližně 40 mm. Tomu odpovídá podle Geigerovo vztahu energie $E_K = 5,66$ MeV. V porovnání s literaturou je rozdíl jen 0,2 MeV. [<https://en.wikipedia.org/wiki/Americium-241>]

Zeslabení γ záření

Základní pojmy a vztahy

Každé záření můžeme téměř pohltnout různými materiály. V našem experimentu jsme se soustředili na pohlcení gama záření pomocí hliníkových (Aluminium) destiček různé tloušťky a olověných (Plumbum) destiček opět různé tloušťky. Při průchodu gama záření hmotou klesá jeho hodnota exponenciálně.

$$I = I_0(t, E_\gamma)e^{-\mu t}$$

μ - koeficient zeslabení

t – tloušťka materiálu

Postup měření

Destičky z různých materiálů (Aluminium, Plumbum) a tloušťky byly umístovány na podstavec před gama zářič. Postupným přidáváním destiček bylo dosaženo k postupnému pohlcení částic gama.

Vytvoření grafů

Výsledky měření byly přeneseny do Excelu. Aritmetické průměry četností (počet impulzů za sekundu) gama částic při různých tloušťkách byly poděleny aritmetickým průměrem četností odpovídající nestíněnému zdroji. Z těchto podílů byl vypočten logaritmus. Tyto hodnoty byly následně přeneseny do grafů.

$$\log \frac{I_0}{I} = \text{tloušťka destičky}$$

I_0 – aritmetický průměr s žádnou destičkou

I – aritmetický průměr jednotlivých tlouštěk destiček

Naměřené hodnoty byly proloženy přímkou – trendová spojnice, což nám udává koeficient zeslabení μ .

Použité přístroje a materiály

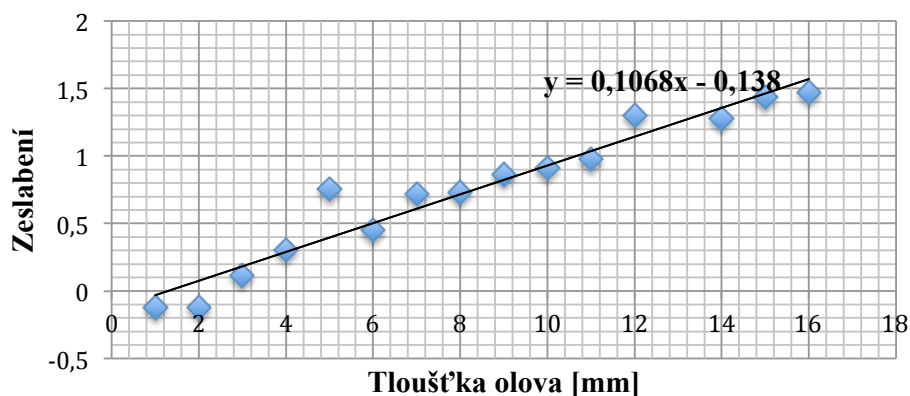
V našem experimentu byl použit jako zdroj gama záření prvek Cs^{137} (energie gamakvant je 663 keV). Na zjištění prošlého gama záření byl použit scintilační detektor NaI (Thallium). Na zesilování gama záření byl použit kombinovaný přístroj DA310 (zdroj VN, zesilovač, multikanálový analyzátor). Destičky byly vyrobeny z Aluminia (1 – 10 mm) a Plumbia (1,5 – 13,1 mm).

Výsledky

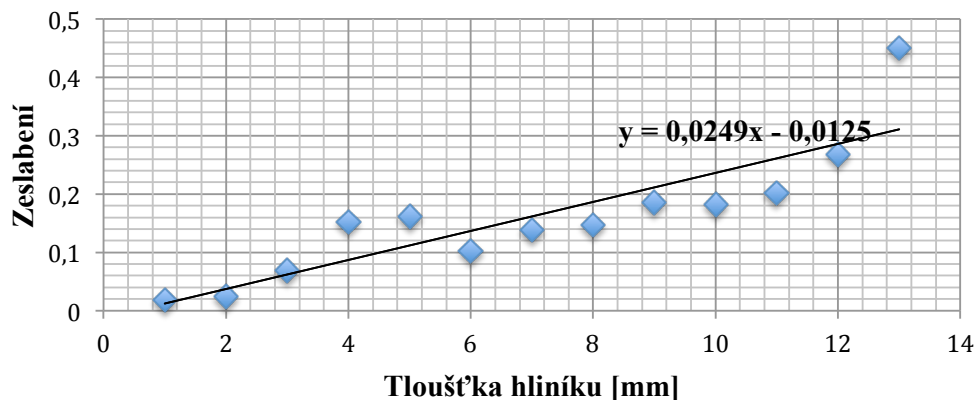
V našem experimentu jsme se snažili dokázat, že různé materiály mají různé schopnosti pohlcovat gama záření. Pro Aluminium jsme změřili, že koeficient zeslabení má je $0,025 \text{ mm}^{-1}$ a pro Plumbum $0,107 \text{ mm}^{-1}$. V našem měření se vyskytly chyby, které jsou způsobeny chybami měření, okolním zářením a vnějšími vlivy.

Literatura: hliník: $0,021 \text{ mm}^{-1}$; olovo $0,129 \text{ mm}^{-1}$

[<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab3.html>]



Graf 2: Oslabení gama záření pomocí olověných destiček



Graf 3: Oslabení gama záření pomocí hliníkových destiček

3. Shrnutí

V rámci našeho experimentu se nám podařilo změřit dolet alfa částic a stínění gama částic, který odpovídá informacím z literatury.

4. Poděkování

V první řadě bychom rádi poděkovali našemu vedoucímu miniprojektu panu Ing. Milošovi Tichému CSc. za pomoc při získávání spousty dat, za předání mnoho vědomostí v oblasti radiačního záření.

Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům akce Týden vědy na Jaderce 2018 (20. ročník) za možnost nahlédnout do světa vědců a badatelů, možnost se zapojit do výzkumů na výzkumných pracovištích. Tato možnost byla umožněna z univerzity ČVUT fakulty jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI).

Dále chceme poděkovat týmu organizátorů soutěže CASCADE, bez kterých náš tým nebyl kompletní.

5. Reference

- [1] Ing. TICHÝ M. CSc. *Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti*, 2018
- [2] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ionizace>
- [3] Gerndt, J., Průša P. : *Detektory ionizujícího záření, skriptá České vysoké učení technické*, 2011
- [4] Musílek, L., *Dozimetrie neutronů*, skriptá CVUT, 1998, Bodansky David, Nuclear Energy, Springer, New York, 2010
- [5] Cerny Joseph (ed.): *Nuclear Spectroscopy and Reactions*, Academic Press N.Y. & London 1974
- [6] RNDr. Vojtěch Ullmann, *Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína*, <http://astronuklfyzika.cz/>
- [7] Miglierini Marcel, *Jadrová a neutronová fyzika*, přednáška, Bratislava 2011

Narušování symetrie v laserovém rezonátoru

Adam Janich, Dajana Kolářová, Karel Popovič
Gymnázium Špitálská, MSSCH, SPŠ Ostrov
adjanich@gmail.com, dajana.kolarova.16@mssch.cz,
kp.karel.popovic@gmail.com

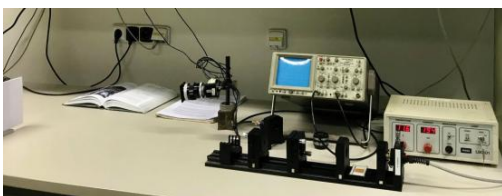
Abstrakt

Projekt spočíval ve vychylování aktivního prostředí a zrcadel rezonátoru v pevnolátkovém laseru. Cílem bylo pozorovat vychýlení výstupního laserového svazku a měřit jeho rozbíhavost.

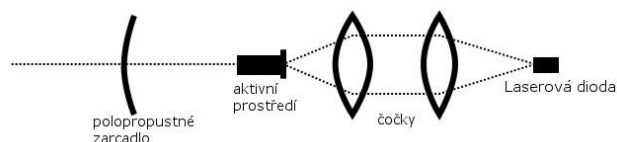
1 Úvod

Cílem tohoto projektu bylo seznámit se s principem laseru a pozorovat důsledky vychylování částí aparatury laseru o malé úhly. To znamená především pozorování změny rozložení intenzity záření napříč svazkem a pozorování obrazců, jež aparatura s vychýlenými částmi vytváří na stínítku. Dalším cílem bylo změřit rozbíhavost laserového svazku při ideálním rozložení aparatury a změřit rozbíhavost u vychýlené aparatury a přesvědčit se, jestli druhá zmíněná byla větší.

2 Aparatura



Obr. 1 Aparatura



Obr. 2 Schéma aparatury

Čerpání energie do aktivního prostředí zajišťovala laserová dioda vyzařující monochromatické světlo o vlnové délce 808 nm . Jeho svazek byl ovšem silně rozptýlen. Proto za diodu byla umístěna dvojice čoček o ohniskové vzdálenosti 6 mm , respektive 60 mm . Ty zajišťovaly fokusaci světelného svazku z laserové diody do aktivního prostředí.

Samotné aktivní prostředí bylo tvořeno izotropním monokrystalem yttrium-aluminium granátu dopovaného neodymem. (Jednalo se tedy o standardní laser typu Nd:YAG.)

Rezonátor byl tvořen jednak zadním zrcadlem, jednak předním. Zadní zrcadlo nebylo samostatnou součástí aparatury, nýbrž bylo napařeno za zadní stranu krystalu tvořícího aktivní prostředí. Bylo plně propustné pro vlnovou délku 808 nm , ovšem téměř dokonale odrazilo vlastní záření laseru o vlnové délce 1064 nm . Přední část rezonátoru představovalo polopropustné konkávní zrcadlo o poloměru křivosti 100 mm . Jeho propustnost byla pouhé 1% . Délka rezonátoru byla 70 mm .

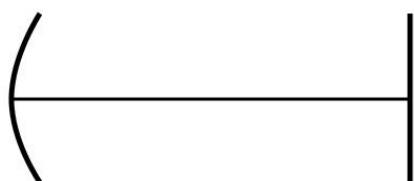
Vychylování aparatury bylo možné otáčením tzv. stavěcích šroubů. Dva byly umístěny u aktivního prostředí a dva u rezonátoru. Jak aktivní prostředí, tak rezonátor bylo tudíž možné vychylovat o malé úhly (řádově úhlové minuty) v obou osách.

Laser byl namířen na stínítko a stínítko bylo snímáno kamerou. I přesto, že lidské oko nedokáže pozorovat záření o výstupní vlnové délce, bylo možné využít standardní kameru s křemíkovým čipem na pozorování stínítka a zobrazení dopadu laserového svazku na obrazovce.

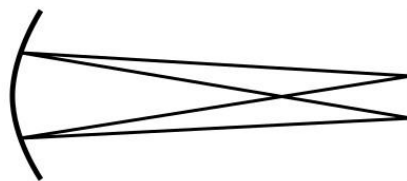
3 Pozorování vychýlení paprsku

Jak už bylo popsáno v předchozí kapitole, k dispozici byly 4 stupně volnosti narušení symetrie. Při vychylování jsme na obrazovce pozorovali výrazné změny v rozložení intenzity záření napříč svazkem. Na stínítku se při různých nastaveních šroubů objevoval různý počet skvrn. Pozorovali jsme následující korelaci: čím větší vychýlení aktivního prostředí, či polopropustného zrcadla, tím větší rozbíhavost svazku (velikost celkového obrazce na stínítku) a větší počet skvrn.

Pro vysvětlení tohoto efektu je třeba představit pojem rezonanční módy. Termín mód označuje nějakou uzavřenou trajektorii paprsku. (tj. trajektorii, která se po jednom až několika odrazech v rezonátoru „napojí“ sama na sebe.)



Obr. 3 Základní mód



Obr. 4 Příklad vyššího módu

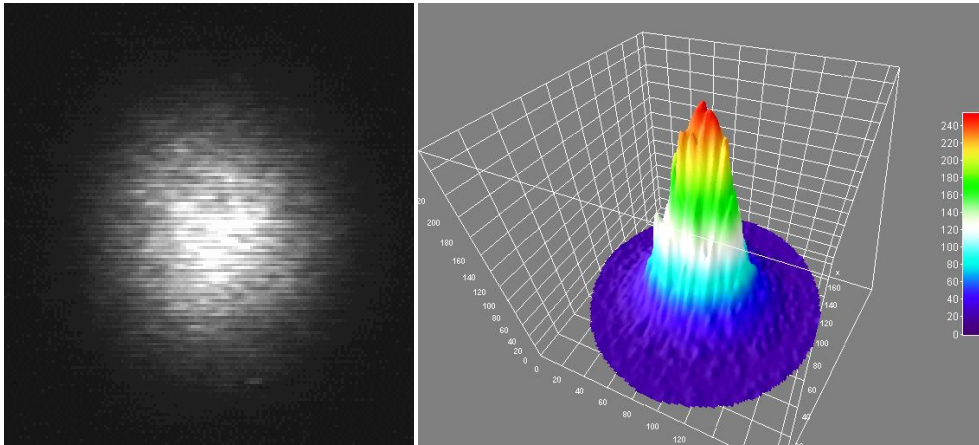
Základní mód (Obr. 3) odpovídá paprsku jdoucímu po optické ose. V tom případě hovoříme o gaussovském svazku^[1].

Při vychylování polopropustného zrcadla se trajektorie paprsků v jednotlivých módech v prostoru mění. Při natáčení aktivního prostředí se poloha paprsků v prostoru nemění, ale aktivní prostředí se natáčí oproti nim. V obou případech tedy dochází k tomu, že jednotlivé módy pak procházejí jinými částmi aktivního prostředí než při nevychýleném stavu.

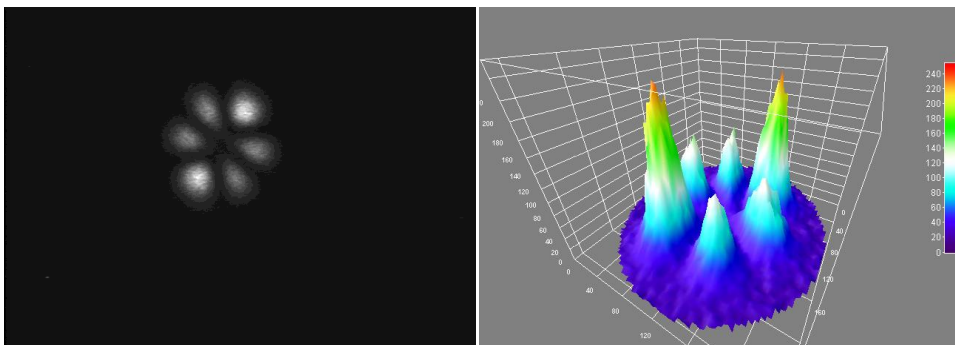
Dále je třeba připomenout, že aktivní prostředí je buzeno laserem, který do něj vstupuje zezadu po optické ose a navíc kvůli čočkám jde o sbíhavý svazek. Jednotlivé části aktivního krystalu jsou tedy buzeny nerovnoměrně. Vzniká nehomogenita excitace v aktivním prostředí.

Přitom to, jak moc je aktivní prostředí excitováno na trajektorii určitého módu, jistě ovlivňuje intenzitu výstupního záření ve směru odpovídajícím příslušnému módu. Natáčení aktivního prostředí, nebo polopropustného zrcadla tudíž posiluje některé módy a oslabuje jiné. Proto je možné na stínítku pozorovat příslušné obrazce.

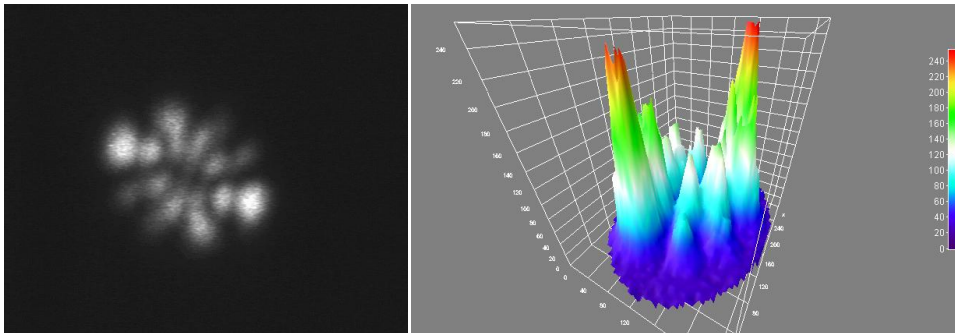
Na Obr. 5, 6 a 7 je možné pozorovat vždy na levé straně obraz na stínítku, zatímco na pravé straně 3D graf intenzity dopadajícího záření vytvořený v programu ImageJ.



Obr. 5 Základní mód



Obr. 6 Příklad vyššího módu



Obr. 7 Příklad vyššího módu

4 Měření rozbíhavosti

Rozbíhavost jsme změřili pro základní mód a pro jeden z nejvyšších módů, který byl ještě dobře viditelný. Protože průměr svazku při výstupu z rezonátoru nebyl nulový, bylo třeba změřit průměr svazku dvakrát, ve dvou různých vzdálenostech. Průměr svazku jsme ovšem nemohli měřit přímo v délkových jednotkách. Na počítači jsme ale zjistili průměr obrázku průřezu svazku v pixelech. Navíc jsme vypočítavě stejnou kamerou při stejném přiblížení vyfotili před stínítkem část svinovacího metru. Odtud jsme věděli, že 1 mm vzdálenosti v reálném světě odpovídá asi $14,3\text{ px}$ na snímku.

Obecný vzorec je: $\alpha = \tan^{-1} \frac{\Delta d}{2 \cdot \Delta l \cdot 14.3 \frac{px}{mm}}$, kde Δd je rozdíl průměrů svazků v pixelech a Δl je rozdíl vzdáleností stínítek od laseru.

Pro základní mód vychází: $\alpha = \tan^{-1} \frac{46,4 px - 16,5 px}{2(1010 mm - 235 mm)14,3 \frac{px}{mm}} = 0^\circ 4' 38''$.

Pro vyšší mód dostáváme: $\alpha = \tan^{-1} \frac{340 px - 122 px}{2(1010 mm - 312 mm)14,3 \frac{px}{mm}} = 0^\circ 37' 32''$.

5 Závěr

Při práci na tomto projektu jsme se přesvědčili, že laser (byť se to na první pohled nemusí zdát) je přesné a citlivé zařízení. Seznámili jsme se s principem laserů a pak jsme měli možnost s jedním pracovat. Ověřili jsme si, že při vychýlení jednotlivých částí aparatury jsou posilovány i jiné módy v rezonátoru kromě toho základního. Pozorovali jsme strhující obrazce na stínítku a vygenerovali jsme z nich na počítači 3D grafy rozložení intenzity záření napříč svazkem. V neposlední řadě jsme měřením potvrdili, že rozbíhavost svazku se zvětšuje s rostoucí mírou vychýlení částí laserové aparatury.

Poděkování

Děkujeme doc. Ing. Josefu Blažejovi, Ph.D. za odborné vedení při práci na projektu i cenné připomínky během zpracovávání tohoto příspěvku.

Reference:

[1] SALEH B. *Základy fotoniky* John Wiley & Sons. 1991 str. 109

Využití rezonance ke zkoumání kinetiky únavových trhlin

Ngoc Hung Hoang
Gymnázium a SOŠ Dr. Václava Šmejkal, Stavbařů 5, Ústí nad Labem
hoangjosef@gmail.com

Martin Osowski
První soukromé jazykové gymnázium, Brandlova 895 Hradec Králové
martinosowski@gmail.com

Marek Štefaník
Masarykovo gymnázium, Jičínská 528, Příbor
marek.stefanik@gypri.cz

19. června 2018

Abstrakt

Ze statistik vyplývá, že většina provozních poruch je způsobena únavou materiálu. Tato práce se zabývá únavovou odolností materiálů určených pro letecký průmysl, konkrétně hliníkových slitin 7075, 7475 a 2024. Dílčími tématy práce jsou ověření složení testovaných materiálů a $\frac{da}{dN}(K)$ křivka, popisující závislost rychlosti šíření únavové trhliny na faktoru intenzity napětí.

Složení testovaných materiálů bylo stanoveno pomocí rentgenové fluorescenční spektroskopie. S výjimkou zvýšené koncentrace Si u slitiny 7475 a Ti u slitiny 2024 nebyly pozorovány významnější rozdíly mezi nominálním a zjištěným složením.

$\frac{da}{dN}(K)$ křivky byly stanoveny na miniaturních vzorcích $3 \times 4 \times 32$ mm na rezonančním únavovém stroju SF-test. Nejnižší rychlosti růstu únavových trhlin vykazoval vzorek ze slitiny 2024. Při konkrétní volbě materiálu musí však být zohledněny i pevnostní vlastnosti, které jsou u slitiny 2024 výrazně nejhorsí.

1 Úvod

Únavové trhliny vznikají v důsledku kumulujícího se cyklického opotřebení materiálu. K tomu dochází při překročení tzv. meze únavy. U leteckého provozu nelze tomuto překročení zabránit (narozdíl od např. provozu železničního), a jsou proto třeba pravidelné kontroly.

K určení rychlosti šíření trhliny slouží tzv. $\frac{da}{dN}(K)$ křivka. Ta je stanovena na základě měření rychlosti šíření v závislosti na „hnací síle trhliny“, kterou je faktor intenzity napětí K . Standardní prahová hodnota¹ K přísluší rychlosti šíření 10^{-10} metru za cyklus. Pro nižší hodnoty K se trhlina šíří zanedbatelnou rychlostí.

¹Prahová hodnota – Hodnota, od níž probíhá měření.

2 Teoretická část

2.1 Napětí a deformace v materiálech

Při působení síly na těleso je materiál deformován, přičemž deformace závisí na působící síle F . Mechanické napětí vznikající uvnitř materiálu $\sigma = \frac{F}{S}$ je přímo úměrné této síle. Deformační účinky působící síly jsou pak závislé na vznikajícím napětí. Je-li napětí nižší než mez pružnosti σ_a , těleso se po odtížení vrátí do původního stavu. Při napětí za mezí pružnosti dochází k plastické deformaci, která přetrvává i po odtížení.

Při opakované plastické deformaci dochází k ději, který označujeme jako únava materiálu. Dochází při něm k poškozování, které se následným opakováním deformací kumuluje, vznikají únavové trhliny a může dojít až k úplnému porušení nosného průřezu.

„Hnací sílu trhliny“ můžeme popsat pomocí faktoru intenzity napětí K , který závisí na délce trhliny a , nominálním napětí σ a tvarové funkci popisující geometrii prvku $\beta(\frac{a}{w})$ následujícím způsobem [1]:

$$K = \sigma \beta\left(\frac{a}{w}\right) \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

Problém únavy materiálu je možné řešit několika různými způsoby. Nejdříve je nutné udělat únavové zkoušky, jejichž cílem je prozkoumat vznik a rychlost šíření trhlin v materiálu. Na základě výsledků únavových zkoušek se pak vybere jedna z metod prevence důsledků:

- *Safe-life* – vůbec nedojde k iniciaci. Vyžaduje kvalitní povrchy srovnatelné se zkoušenými (leštěnými) vzorky.
- *Damage tolerance* – může dojít ke vzniku trhliny, ale musí být odhalena při defektoskopické kontrole.
- *Fail-safe* – při provozu může dojít k poruše, ale nesmí ohrozit bezpečnost

V našem projektu jsme se zabývali metodou Damage tolerance, která je v leteckém průmyslu nejčastěji používanou metodou. Tato metoda má za cíl při pravidelných kontrolách najít vzniklé trhliny dříve, než zapříčiní poruchu. K tomu je nutné stanovit kontrolní interval tak, aby trhlina šířící se podle závislosti $\frac{da}{dN}(K)$ charakterizující daný materiál nepřekročila kritickou délku.

2.2 Rezonance

Při rezonanci dochází k největšímu přenosu mechanické energie na oscilátor. Zařízení SF-test, které jsme použili, budí kmity v nosníku v jeho základním ohybovém módu. Rezonance je použita i k měření délky trhliny. Pomocí metody konečných prvků lze určit závislost rezonanční frekvence na délce únavové trhliny. Tato závislost umožňuje vyhodnocení délky trhliny a faktoru intenzity napětí dle vzorce (1) kontinuálně v průběhu experimentu.

Tab. 1: Pevnostní charakteristiky použitých slitin

	7075	7475	2024
Mez kluzu (MPa)	460	520	360
Mez pevnosti (MPa)	550	590	480

3 Experimentální část

3.1 Použité slitiny a jejich vlastnosti

V experimentální části jsme zkoumali šíření trhliny v slitinách hliníku označovaných jako 7075, 7475 a 2024, jejichž pevnostní charakteristiky jsou v Tab. 1, jejich složení pak shrnuje Tab. 2. Zjišťovali jsme nominální složení podle databáze MakeItFrom.com, které jsme následně porovnávali se skutečným složením daného materiálu zjištěným rentgenovou fluorescenční spektroskopií². Z porovnání těchto dvou hodnot můžeme určit rozdíly mezi složením daným výrobcem a reálným složením. [5, 6]

²Rentgenová fluorescenční spektroskopie – Metoda zkoumající složení látek spočívající v ozáření látky rentgenovým zářením. Toto záření vyrazí elektron z elektronového obalu atomu a na jeho místo přeskočí elektron s vyšší energií, který přitom vyzaří foton specifické vlnové délky, kterou můžeme změřit.

Tab. 2: Složení použitých slitin

	7075		7475		2024	
	nominální[2]	zjištěné	nominální[3]	zjištěné	nominální[4]	zjištěné
Al	89,15(225)	90,47(21)	90,1(15)	88,43(27)	92,7(20)	92,84(17)
Zn	5,6(5)	5,44(7)	5,6(5)	5,93(8)	0,125(125)	0,038(3)
Mg	2,5(4)	1,84(21)	2,25(35)	2,26(28)	1,5(3)	1,38(17)
Cu	1,6(4)	1,29(2)	1,55(35)	1,64(2)	4,35(55)	3,80(5)
Cr	0,23(5)	0,23(1)	0,215(35)	0,168(9)	0,05(5)	-
Fe	0,25(25)	0,125(6)	0,06(6)	0,078(5)	0,25(25)	0,122(7)
Ti	0,1(1)	0,26(2)	0,03(3)	-	0,075(75)	0,89(4)
Si	0,2(2)	0,345(10)	0,05(5)	1,42(2)	0,25(25)	0,248(9)
Mn	0,15(15)	-	0,03(3)	-	0,6(3)	0,64(2)
Zr	0,125(125)	0,0029(2)	-	0,0052(3)	0,1(1)	0,0177(4)
Zbytky	0,075(75)	-	0,075(75)	0,069(2)	0,075(75)	-

3.2 SF-test

Rezonanční únavový strojek, kde se určuje délka trhliny z rezonanční frekvence vzorku. V průběhu experimentu kmitá vzorek v rezonanci, která je udržována pomocí fázového závěsu. [7]

Vzorek má tvar kvádrů o rozměrech (3 × 4 × 32) mm, který má uprostřed stěny (3 × 32) mm vrub kolmo k nejdelší ose. Z tohoto vrubu se při testu šíří trhlina (obr. 1)



Obr. 1: Trhlina ve vzorku šíří se z vrubu

4 Výsledky

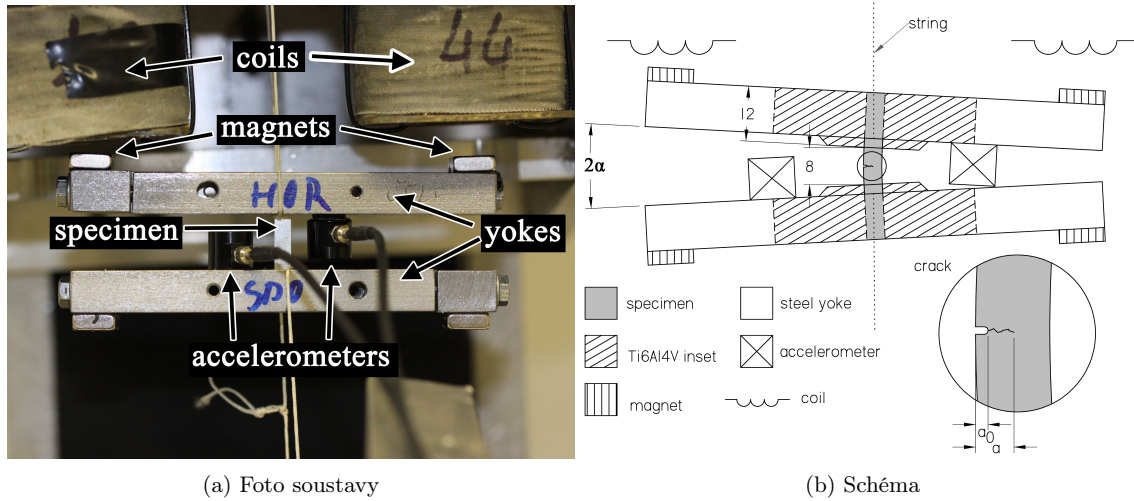
4.1 Závislost rychlosti šíření trhliny na faktoru intenzity napětí

Průběh zkoušky byl následující: exponenciální snižování rychlosti šíření trhliny $\frac{da}{dN}$ z 10^{-9} m/cyklu na 10^{-10} m/cyklu, odpovídající prahové hodnotě K_{max} . Následuje exponenciální zvyšování K_{max} tak, aby pro délku 2, 4 mm byl dosažen faktor intenzity napětí $K_{max} = 15 \text{ MPA}\sqrt{\text{m}}$.

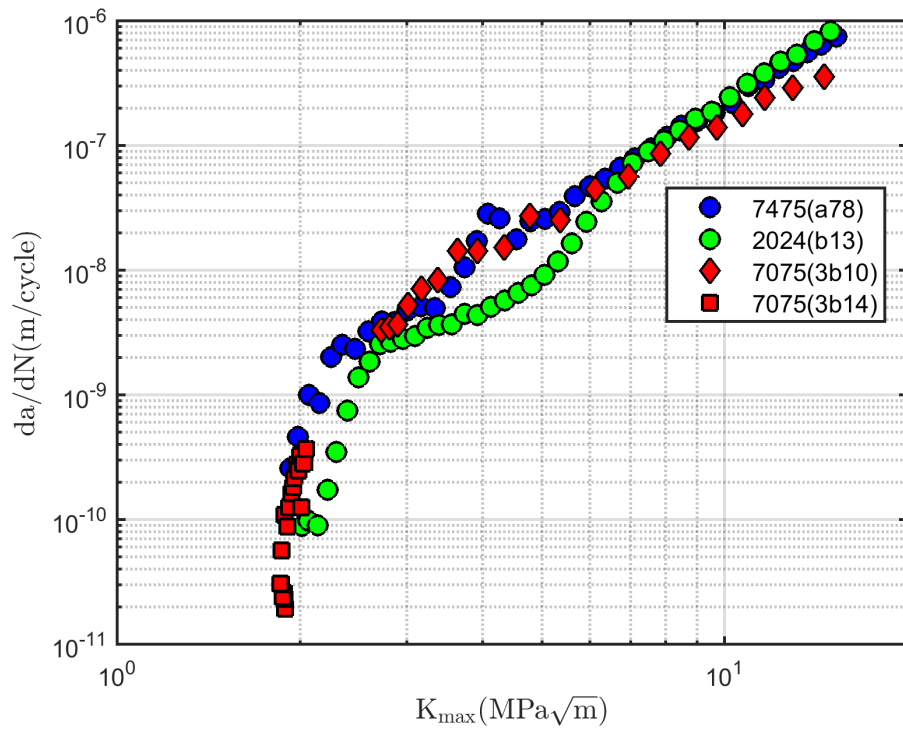
V jistém omezeném intervalu platí pro rychlost šíření trhliny $\frac{da}{dN}$ (kde a je délka trhliny a N je počet cyklů) a faktor intenzity napětí K_{max} Parisův vztah [8], kde C a m jsou materiálové konstanty.

$$\frac{da}{dN} = CK_{max}^m \quad (2)$$

Konstanty Parisova vztahu byly stanoveny pro rychlosti šíření vyšší než 10^{-8} a 10^{-7} m/cyklu pro vzorky 7475(a78), 7075(3b10), 7075(3b14), resp. 2024(b13).



Obr. 2: SF-test – rezonanční únavový strojek



Obr. 3: Závislost rychlosti šíření trhliny na faktoru intenzity napětí

Námi zjištěné hodnoty konstant C a m Parisova vztahu jsou shrnuty v Tab. 3. Tyto hodnoty jsou v souladu s hodnotami uvedenými v [1]

	7075	7475	2024
C	$4,67 \cdot 10^{-10}$	$2,98 \cdot 10^{-10}$	$1,43 \cdot 10^{-10}$
m	2,509	2,863	3,209

Tab. 3: Experimentálně zjištěné hodnoty Parisova vztahu

5 Závěr

V rámci miniprojektu byla provedena měření rychlosti růstu únavových trhlin u tří vybraných slitin používaných v leteckém průmyslu. SF-testem byly stanoveny křivky $\frac{da}{dN}(K)$. Slitiny 7075 a 7475 podobného složení, ale rozdílné čistoty vykazují velmi podobné křivky $\frac{da}{dN}(K)$. Slitina 2024 vykazuje vyšší prahovou hodnotu faktoru intenzity napětí a výrazně nižší rychlost růstu trhliny pro $K < 7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$. Na druhou stranu má slitina 2024 horší pevnostní charakteristiky než zbylé dvě, což je také nutno zohlednit při výběru materiálu.

Reference

- [1] J. Kunz, *Aplikovaná lomová mechanika*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 1991.
- [2] Iron Boar Labs Ltd., “7075-T651 Aluminium :: Makeitfrom.com,” 2018. [Online; cit. 19. 6. 2018].
- [3] Iron Boar Labs Ltd., “7475-T651 Aluminium :: Makeitfrom.com,” 2018. [Online; cit. 19. 6. 2018].
- [4] Iron Boar Labs Ltd., “2024-T651 Aluminium :: Makeitfrom.com,” 2018. [Online; cit. 19. 6. 2018].
- [5] O. Kovářik, P. Haušild, J. Čapek, J. Medřický, J. Siegl, R. Mušálek, Z. Pala, N. Curry, and S. Björklund, “Resonance bending fatigue testing with simultaneous damping measurement and its application on layered coatings,” *International Journal of Fatigue*, vol. 82, pp. 300–309, 1 2016.
- [6] O. Kovářik, A. Janča, and J. Siegl, “Fatigue crack growth rate in miniature specimens using resonance,” *International Journal of Fatigue*, vol. 102, pp. 252–260, 9 2017.
- [7] H. Lauschmann and O. Kovářik, “A Contribution to the Physical Interpretation of the Morphology of Fatigue Fracture Surfaces,” *Key Engineering Materials*, vol. 592-593, pp. 107–112, 11 2013.
- [8] P. C. Paris, M. P. Gomez, and W. E. Anderson, “A rational analytic theory of fatigue,” *The Trend in Engineering*, vol. 13, pp. 9–14, 1961.

Rentgenfluorescenční analýza

K. Tomášková, Š. Charvát

Karlínské gymnázium, Praha, SPŠ Ostrov, Ostrov

tomaskova-klara@seznam.cz, lihtdep@gmail.com

Abstrakt:

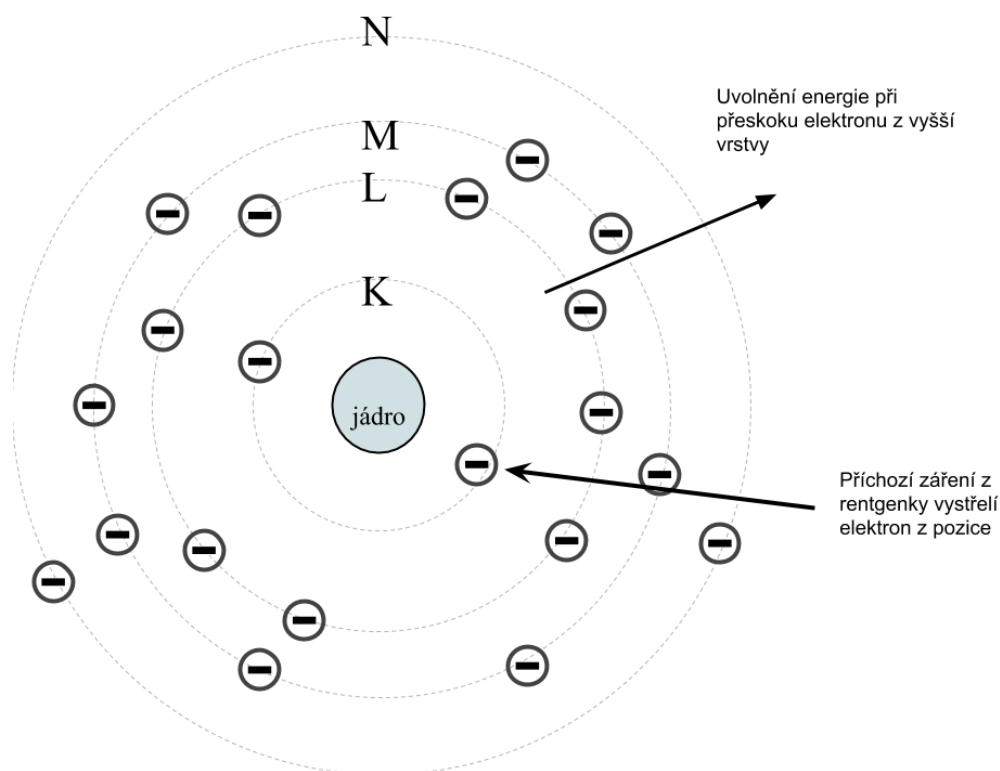
Díky rentgenfluorescenční analýze jsou historikové schopni zjistit složení a koncentraci, následně podle toho i stáří vzorků. Zde popisujeme princip a zároveň náš vlastní výzkum námi volených předmětů (hornina, přívěsek). Zároveň jsme díky této metodě spočítali koncentraci prvků v mosazi.

1. Úvod

Jistě vás už párkrát napadlo, jak známe pravost a dobu zhotovení historických pozůstalostí.. Jednoduše, archeologům pomáhá tato XRF metoda, která šetrně zanalyzuje složení vzorku a na základě toho odborníci posoudí původ. My sami jsme si vyzkoušeli zrentgenovat různé vzorky a byli jsme překvapeni co se v nich nachází.

2. Postup

Využili jsme fotonové záření, kdy je vyražen elektron z původní pozice a je nahrazen elektronem z vyšší hladiny za uvolnění energie jejíž velikost je rovna rozdílu energií obou hladin.



Tato energie je uvolněna v podobě charakteristického záření X. Rozlišujeme $K\alpha$ a $L\alpha$ záření, záleží na tom, odkud elektron přechází. Pokud z L do vrstvy K jedná se o $K\alpha$ a pokud z M do L jde o záření $L\alpha$. Dle hodnoty energie určíme prvek.

Jev je prováděn na zařízení složeném z rentgenky, ta poskytuje rentgenové záření emitováním elektronu z katody, napětím se urychlí a dopadá na anodu, zde předají energii v podobě záření X. Vzniká zde teplo. Rentgenka je zakončena optikou zaostřující paprsek. Pak je tu křemíkový detektor SDD, který detekuje charakteristické záření.

Nejprve bylo nutné provést kalibraci, což znamená přiřadit standardní prvky k jednotlivým kanálům aby systém znal jejich energetickou hodnotu a poté mohl určit složení neznámých vzorků.

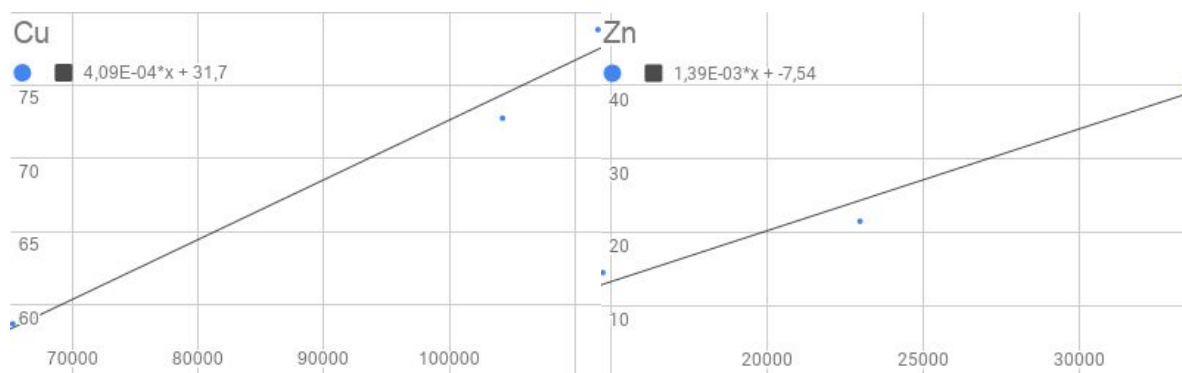
Tabulka kalibrace (N = kanál)

	$N\alpha$	$K\alpha$	$N\beta$	$K\beta$	$N\alpha$	$L\alpha$	$N\beta$	$L\beta$
Ca	161	3,69	174	4,01				
Fe	276	6,403	304	7,057				
Zn	372	8,638	412	9,571				
Ag	946	22,162	949	24,942	131	2,984	137	3,151

Po kalibraci jsme už mohli začít s analýzou prvků. Nejdříve jsme zkoumali kovový přívěšek, zjistili jsme, že je převážně složen z mědi, zinku a železa. Dále horninu, která obsahovala největší částí sodík a draslík a v malých částech nikl .

Nakonec jsme si vyzkoušeli zjistit koncentraci mosazných vzorků. U některých vzorků jsme znali koncentraci. Naměřili jsme si počet přijatých fotonů u všech vzorků. Následně si odvodili přibližnou lineární funkci díky níž jsme vypočítali zastoupení mědi a zinku ve vzorku.

	počet naměřených fotonů Cu za 2 minuty	koncentrace Cu ve vzorku	počet naměřených fotonů Zn za 2 minuty	koncentrace Zn ve vzorku
300b	65305	58,7	33512	40,2
302b	104202	72,75	22976	21,5
303b	111781	78,8	14739	14,5
301b	94406	70,312054	33092	38,45788



3. Závěr

Po provedení kalibrace se nám osvědčilo, že tato metoda skutečně bez poškození dokáže rozpoznat těžké prvky, jak u přívěsku tak i u horniny. I koncentrace mosazi byla úspěšná. U ní je velmi důležité dát si pozor na zdroje chyb (precizní vyměření vzdálenosti optiky od vzorku, správné zapsání do tabulek apod.).

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat ČVUT a FJFI za umožnění této akce a našemu konzultantovi za předání těchto vědomostí.

Šíření světla v nanostrukturách – simulace na počítači

Eliška Jeřábková, Hana Protivová, Roman Vašut, Róbert Jurčík
Gymnázium Bohumila Hrabala, Nymburk; Gymnázium Botičská
Praha 1; Masarykovo gymnázium, Příbor; Gymnázium, Turzovka
elijerabkova@seznam.cz; hanickapro@seznam.cz;
roman.vasut@gypri.cz; robo.jurcik@centum.sk

Abstrakt:

Tento projekt jsme si vybrali kvůli našemu zájmu o fyziku a vlnovou optiku. Cílem našeho bádání bylo rozšířit si znalosti ve vlnové optice a práci s počítačem – simulace šíření vln v nanostrukturách. Díky softwarovým programům jsme se podívali do nanosvěta, jak fungují jednotlivé programy a jak s nimi zajímavě pracovat, co nám mohou ukázat a mnohdy i barevně zajímavé výsledky.

Úvod

V současném světě jsou nanostruktury nepostradatelnou součástí dnešních technologií, jejich využití můžeme najít například v solárních panelech, v optických vláknech a kabelech a jiné. Práce s nanostrukturami není tedy jen teoretickým úkonem, ale také praktickým.

Zabývali jsme se zkoumáním šíření světla v nanostruktuře. Zkoumání jsme prováděli s pomocí sofistikovaného softwaru pro simulaci šíření světla v nanostruktuře. Právě nanostruktury se využívají například v telekomunikaci, zpracování signálů nebo při detekci rakoviny. K práci používáme fotonické krystaly, čočky – spojky a rozptylky a také metamateriály.

Metody

K simulování těchto nanostruktur není možné používat přístupy geometrické optiky, protože by musela být vlnová délka mnohem menší než je rozměr sledovaného objektu (+ další podmínky). Z tohoto důvodu je nutné používat přístupy vlnové optiky. Fyzika je zde popsána pomocí čtyř Maxwellových rovnic (diferenciální rovnice). Derivace jsou tu nahrazeny pomocí konečných diferencí. Tento algoritmus je počítačově implementován v programech Lumerical Finite-Difference Time-Domain Solutions a Lumerical Mode Solutions a Photon Design – OMNISIM. Další úlohou bylo zjišťování modu v optických vlnovodech (vláknech), k tomu jsme použili program Lumerical Mode Solutions.

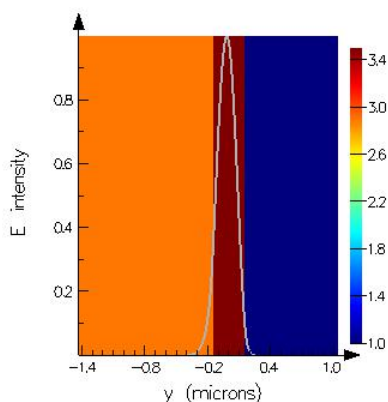
Výsledky

Planární vlnovod

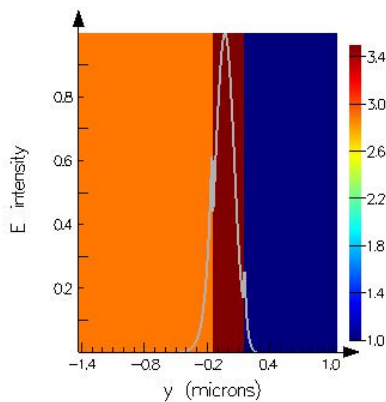
Je nejjednodušším typem optického vlnovodu. Elektromagnetické vlny – mody jsou vedeny v jádru vlnovodu, protože jádro má větší index lomu ($=n$) než okolní prostředí. Mody se šíří vlnovodem rychlostí V_f určenou jeho tzv. n_{eff} (= efektivní index lomu) podle vztahu $V_f = c/n_{\text{eff}}$. Obecně tato konstanta může být komplexní, kde komplexní část znamená tlumení. Šíření v planárních vlnovodech lze jednoduše vysvětlit na základě totálního odrazu. K totálnímu odrazu dochází, když světlo vstupuje z opticky hustšího prostředí do opticky řidšího prostředí, musí tu být splněn určitý úhel, pak se světlo 100% odrazí a nic neprojde. My jsme na problematiku nazírali z hlediska vlnové optiky, pomocí řešiče modů.

Jádro vlnovodu má index lomu 3,5 a šířku 0,3 μm . Substrát má index lomu 2,9 a superstrát je vzduch; 1. Hledali jsme TE a TM základní mód pro vlnovou délku 0,975 μm .

Pro zadané parametry a nastavení mode solveru (rozlišení apod.) jsme získali pro tento vlnovod dva základní mody TE₀ a TM₀. Základní TE₀ má $n_{\text{eff}}=3,312727$ a TM₀ $n_{\text{eff}}=3,242252$. Barevná škála ukazuje index lomu.



Obrázek 1 Elektrická intenzita modu TE₀

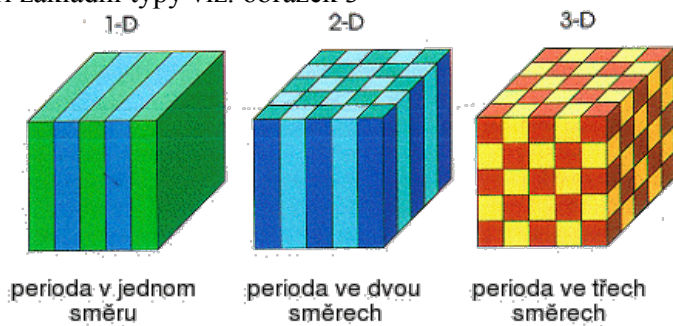


Obrázek 2 Elektrická intenzita modu TM₀

Pro kontrolu jsme porovnali naše výsledky s analytickým modelem a zjistili jsme, že se naše výsledky liší od analytického řešení až na pátém desetinném místě.

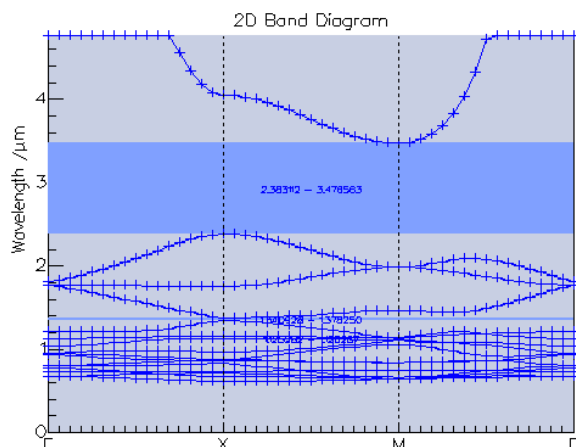
Fotonický krystal

Fotonický krystal je materiál vykazující periodické změny index lomu světla v jednom nebo více směrech. (1) Jde o analogii klasického pevnolátkového krystalu. Dle periodičnosti existují tři základní typy viz. obrázek 3



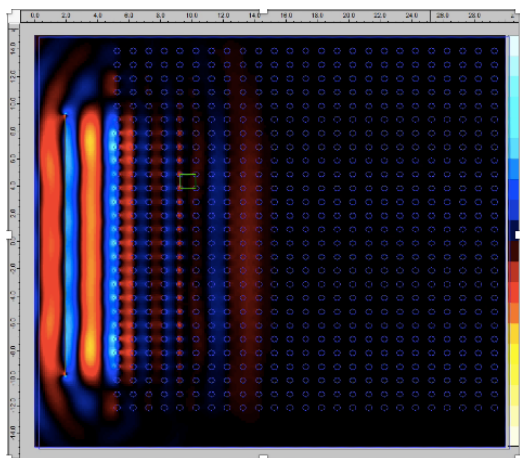
Obrázek 3 typy fotonických krystalů (2)

Fotonické krystaly mohou mít zakázaná pásma. Vlnění s vlnovou délkou zakázaného pásu se nemůže ve fotonickém krystalu šířit. Viz obrázek 4. Obrázek ukazuje TM polarizaci.

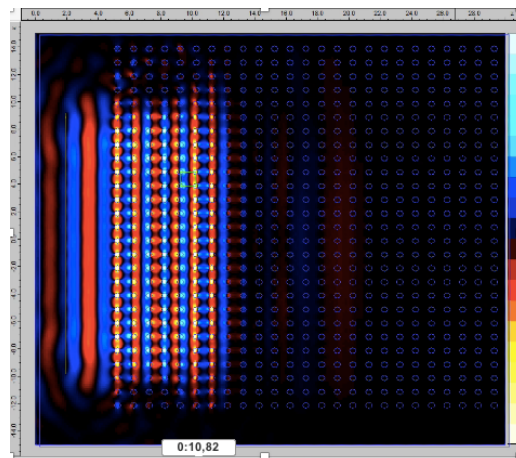


Obrázek 4 zakázaný pás – modrá oblast (2,38 – 3,47 μm)

Náš krystal měl čtvercovou mřížku a prvky byly do tvaru kruhu. Perioda mřížky byla 1 μm , průměr kruhu byl 0,4 μm a kruhy mají index lomu 3,4. Ostatní je vzduch; $n=1$.



Obrázek 5 uvnitř zakázaného pásu $\lambda = 3\mu\text{m}$



Obrázek 6 mimo zakázaný pás $\lambda = 2\mu\text{m}$

Na obrázku č. 5 vidíme šíření vlny s vlnovou délkou uvnitř zakázaného pásu, tudíž je šíření rychle utlumeno. Zatím co na obrázku č. 6 šíření vlny není utlumeno, protože vlnová délka je mimo zakázaný pás. (Šíření s konečným časem)

Fotonické krystaly můžeme najít i v přírodě, například u některých motýlů. Jejich křídla jsou z části tvořena chitinem. Tato látka je sama o sobě průhledná, ale kvůli geometrii ve formě fotonických krystalů dochází jak k interferenci, tak k ohybu světla, což způsobuje barevné efekty.

Shrnutí

Podařilo se nám úspěšně nasimulovat šíření vlnění v různých nanostrukturách. Určili jsme TE a TM módy pro nanostrukturu. Pozorovali jsme jevy vytvořené daným softwarem. Nabyli jsme nových vědomostí v této zajímavé oblasti.

Poděkování

Naše velké poděkování patří především fakultě jaderného inženýrství a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za možnost zúčastnit se projektu Týdne vědy na Jaderce. Naše největší díky patří vedoucím miniprojektům; Ing. Pavlovi Kwiecienovi, Ph.D.; Ing. Milanu Brudovi a doc. Dr. Ing. Ivanovi Richterovi za velkou pomoc a trpělivost s námi v době vypracování projektu. Zároveň děkujeme RNDr. Janu Proškovi za vypůjčené preparáty motýlů.

Reference:

1. Lumerical. FDTD solution. *Lumerical* [online]. Canada, 2018, 2018 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://www.lumerical.com/tcad-products/fdtd/>
2. Lumerical. MODE solution. *Lumerical* [online]. Canada, 2018, 2018 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://www.lumerical.com/tcad-products/fdtd/>
- 3.

Citace:

- 1) (Jasanský, 2005)
- 2) (Jasanský, 2005)

Jak spolu souvisí lesk a elektrická vodivost stříbra?

S. Vlk

Katedra inženýrství pevných látek fakulta jaderná a fyzikálně
inženýrská ČVUT
Svata.vlk@gmail.com

Abstrakt:

V tomto příspěvku popíšeme přípravu tenké stříbrné vrstvy a měření jejích optických vlastností metodou zeslabeného úplného odrazu. Z naměřených dat vypočteme koncentraci volných elektronů v připravené vrstvě, pomocí rentgenové difrakce pak stanovíme koncentraci atomů. Porovnáním těchto dvou hodnot zjistíme, že se ve stříbře nachází 0,85 elektronů na atom.

1 Úvod

Stříbro je velice dobrý elektrický vodič a my jsme se rozhodli stanovit koncentraci volných elektronů. A k tomu jsme si napařením připravili tenkou stříbrnou vrstvu a změřili její odrazivost optickou metodou zeslabeného úplného odrazu. Z naměřených hodnot jsme pomocí Drudeho modelu vypočetli koncentraci volných elektronů ve stříbře.

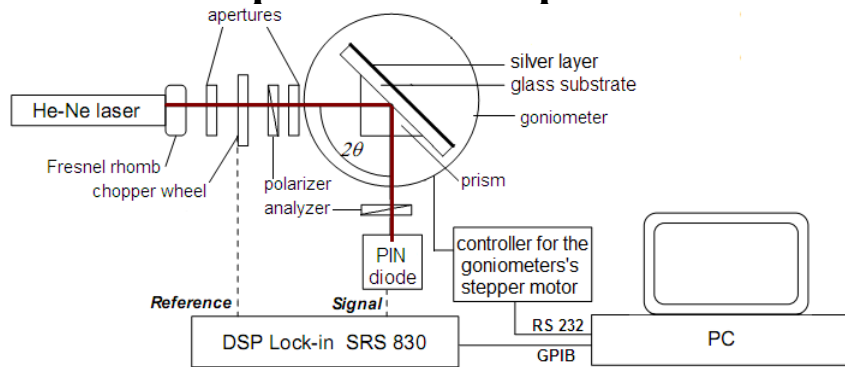
2 příprava tenké vrstvy stříbra napařováním

Napařování je metoda nanášení tenkých vrstev, které poté zkoumáme. Napařování probíhá v napařovačce, kde se vytvoří vakuum za pomoci dvou vývěv. Když v nádobě dosáhneme vakua a rozžhavíme za pomoci elektrického proudu wolframovou mystičku, v níž je uloženo stříbro, které se po roztavení začne odpařovat a usadat na skleněnou destičku.

3 Aplikace skleněné destičky do měřícího zařízení

Na sklíčko s napařenou vrstvou kápneme roztok se stejným indexem lomu jako sklo, a to na nenapařenou stranu. Na roztok položíme optický hranol a zlehka přitiskneme v upínacích čelistech k sobě a to tak aby se mezi sklem a hranolem vytvořilo homogenní prostředí.

4 Měření na optické měřicí aparatuře



Obr. 1: Schéma optické měřicí aparatury

Při měření jsme použili paprsek elektromagnetického záření (světla). He-Ne laser vysílá paprsek světla o vlnové délce 633 nm, který prochází skrze soustavu optických prvků tak, že na hranol dopadá světlo lineárně polarizované paralelně s rovinou dopadu. Při dopadu na hranol se světlo láme a dopadá až na vrstvu stříbra, od které se odráží, vystupuje z hranolu a vstupuje do detektoru, který měří jeho intenzitu. Goniometr umožňuje nastavit úhel mezi dopadem světla a detektorem. Naměřenou závislost odrazivosti na úhlu jsme vyhodnotili pomocí softwaru, který využívá Fresnelovy rovnice, které popisují odraz a lom světla na rozhraní dvou prostředí. V našem případě jsme namodelovali systém skleněný hranol-stříbrná vrstva-vzduch. Z toho jsme určili relativní permitivitu stříbra jako $\epsilon_r = -17$ a tloušťku stříbrné vrstvy 38,5 nm. Pro koncentraci volných elektronů dle Drudeho modelu [1] platí:

$$\begin{aligned}
 N_e &= \frac{(1 - E_r) \cdot E_o \cdot m \cdot \omega^2}{e^2} \\
 &= \frac{(1 - (-17)) \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^{15})^2}{(1,602 \cdot 10^{-19})^2} \\
 &= 5,01 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \\
 \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{c}{\lambda} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

5 Měření rentgenovým difraktometrem

Naši tenkou vrstvu stříbra na skleněné destičce jsme odejmuli od hranolu a vložili do RTG difraktometru. Z výsledků získaných difrakcí, můžeme dosadit do Braggovy rovnice [2], pomocí které vypočítáme vzdálenosti atomových rovin.

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \cdot \sin \theta} = 4,0812 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Vzdálenost atomových rovin jsme dále dosadili do vzorce, ze kterého jsme určili koncentraci atomů. (4 = počet atomů v krystalické mřížce plošně středěné)

$$N_{Ag} = \frac{4}{d^3} = 5,88 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

6 Závěr

Jako závěr našeho bádání jsme vypočítali podíl koncentrace volných elektronů a koncentrace atomů z čehož jsme zjistili, že počet volných elektronů na atom je 0,85. Tento výsledek je i přes nepřesnosti našeho měření velice dobrý.

$$P = \frac{N_{Ag}}{N_e} = 0,85$$

Poděkování

Poděkování patří organizátorům týdne vědy na FJFI za to, že nám vše zařídili a domluvili a že díky nim si můžeme ozkoušet práci v laboratořích. Samozřejmě poděkování patří i panu Ing. Petru Levinskému, jakož to vedoucímu mého miniprojektu.

Reference:

- [1] *Elektronové stavy v kovech, polovodičích a izolátorech*. URL: <http://www.statnice.janbok.cz/index.php/3._Elektronov%C3%A9_stavy_v_kovech,_polovodi%C4%8D%C3%ADch_a_izol%C3%A1torech> [cit. 2018-06-19].
- [2] *Difrakce rentgenového záření*. URL: <http://vega.fjfi.cvut.cz/docs/sfbe/rtg_difrakce/4.html> [cit. 2018-06-19].

Co nám světlo prozradí o dvouatomové molekule?

V. Vařáková

OPEN GATE – gymnázium a základní škola, s.r.o., Na Návsi 5,
Babice, 251 01

varakovaveronika@gmail.com

Abstrakt

Absorpce je fyzikální jev, kdy je energie fotonu pohlcena atomem a jeho valenční elektrony přecházejí do vyšší úrovně energie. Na základě toho, které vlnové délky jsou pohlceny, je možné zjistit informace o materiálu včetně disociační energie, anharmonicity a vibrační konstanty. Cílem úlohy bylo zjistit tato data u molekuly jodu.

1. Úvod

Výsledkem pozorování absorpce je absorpční spektrum, což je grafické vyjádření vztahu vlnové délky elektromagnetického spektra a jejího absorbovaného procenta (absorbance). Tato úloha je zaměřena na pouze na viditelné spektrum, tudíž vlnové délky 390-700 nm. Absorpční spektrum je charakteristické pro každou látku, což samozřejmě také platí pro jód.

Kvůli přijímání energie se zvyšuje potenciál systému dvou atomů. Ze Schrödingerovy rovnice víme, že každý vázaný systém může mít pouze omezený počet úrovní energie. Přechody mezi těmito stavy korespondují k vlnovým délkám, které potom absorpční spektrum tvoří. Rozdíly mezi konkrétními vlnovými délkami potom korespondují k jednotlivým vibračním úrovním. Energie mezi vibračními úrovněmi potom prozrazuje vlastnosti tohoto neharmonického oscilátoru.

2. Experiment

K experimentu byl použit spektrometr. Využívá bílé světlo, které je následně rozptýleno difrakční mřížkou. Vzniklé spektrum poté prochází skleněnou kyvetou se vzorkem plynného jodu. Za kyvetou se nachází detektor zjišťující množství záření, které prošlo, a jeho vlnovou délku.

3. Princip

Molekula jodu je oscilátor o dvou hmotnostech, který není harmonický. Výpočet potenciální energie tohoto oscilátoru je možné pomocí Taylorovy řady. V rámci praktičnosti je možné počítat pouze s kvadratickým členem pro nulovou potenciální energii:

$$V(0) = \frac{\delta^2 v}{\delta r^2} (r - r_0)^2$$

Hookův zákon říká, že:

$$F = kr$$

$$\therefore V = \frac{1}{2}kr^2$$

Po dosazení:

$$V(0) = k(r - r_0)^2$$

což znamená, že existuje pouze jedna konstanta, pro každou vazbu pro molekulu o dvou atomech.

Molekula jodu vibruje na různých úrovních, podle množství energie, které získala od fotonů. Rozdíl energií odpovídá:

$$\Delta E = E_0 - E_1 = \omega(v + \frac{3}{2}) - \omega x(v + \frac{1}{2})^2$$

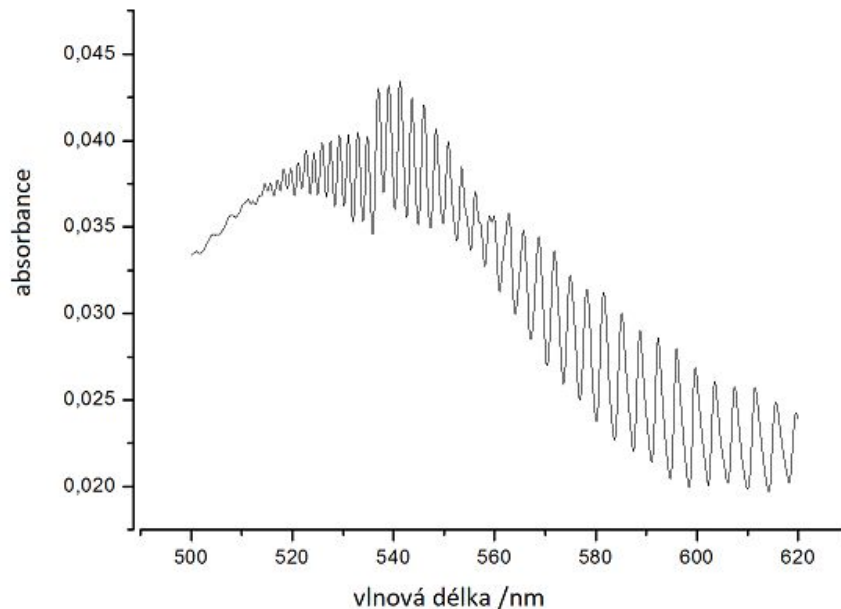
Je možné zjednodušit na:

$$\Delta E = \omega(1 - 2x(v + 1))$$

kde ω reprezentuje vibrační konstantu, x anharmonii a v vibrační úroveň.

4. Metoda

Lokální maxima absorpční křivky (*Graf 1.*) jsou nejvíce absorbované vlnové délky a ukazují, že vibrační úrovně korespondují právě jim. U jodu vlnová délka 542 nm patří k vibrační úrovni 27. K ostatním vrcholům křivky pak koresponduje číslo podle vzdálenosti právě od $v = 27$. Převrácením hodnot vlnových délek získáme jednotlivé vlnočty.

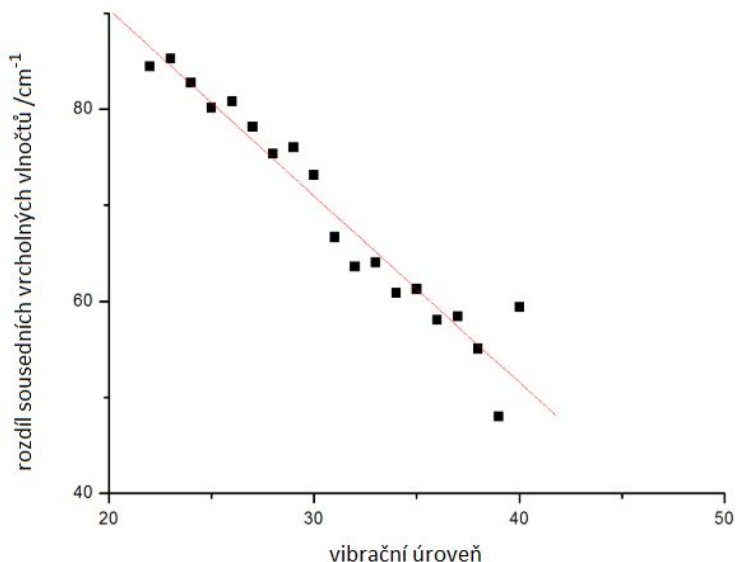


Graf 1.: Absorpční křivka jodu

Rozdíl vedlejších vlnočtů se postupně mění (*Graf 2.*). Jak můžeme vidět na *Grafu 1.*, rozdíl se postupně zvětšuje se zvětšující vlnovou délkou, tedy se zmenšující se vibrační úrovní. Míra tohoto zmenšování je násobek anharmonicity molekuly podle:

$$-2x\omega = A$$

Kde x odpovídá anharmonicitě, ω vibrační konstantě a A spádu funkce *Grafu 2.*, tedy míře změny rozdílů mezi sousedními vlnočty podle vibračních úrovní.



Graf 2.: Vztah rozdílu sousedních vlnočtů a vibračních úrovní

Přestože skutečná molekula nemá nikdy nulovou vibrační hodnotu, protože všechny částice se neustále pohybují, je možné získat teoretický rozdíl mezi $v = 0$ a $v = 1$. Tato hodnota je průsečíkem osy y v *Grafu 2.* Získané číslo lze poté dosadit za ΔE v:

$$\Delta E = \omega(1 - 2x(v + 1))$$

Z *Grafu 2.* je tedy možné vypočítat jak anharmonicitu, tak vibrační konstantu.

Disociační energie je minimální potenciální energie, kterou jádra při vzdalování se nabydou, potřebná k odtržení jader diatomové molekuly od sebe. Je integrálem funkce, která vzniká prodloužením úsečky v *Grafu 2.*

5. Výsledky

Všechna měření probíhala třikrát, během druhého měření však muselo dojít k chybě, neboť výsledky druhého měření se příliš liší od zbylých dvou, které jsou si blízko. V konečných výsledcích proto není druhé měření zohledněno.

Závěrem byly cíle úlohy splněny, protože je v *Tabulce 1.* možné najít všechny konstanty, které bylo úkolem vypočítat.

Měření	Anharmonicitá	Vibrační konstanta /cm ⁻¹	Disociační energie /cm ⁻¹
1.	$7,61 \times 10^{-3}$	127,36	4308,89
3.	$8,10 \times 10^{-3}$	135,14	4308,34
Průměr	$7,86 \times 10^{-3}$	127,31	4308,62

Tabulka 1.: Výsledky

6. Poděkování

Zde bych chtěla poděkovat mému supervisorovi RNDr. Martinovi Michlovi, Ph.D. za úvod do problematiky, pomoc a trpělivost. Za materiály, přístroje a za vůbec možnost uskutečnění děkuji FJFI ČVUT v Praze, UK v Praze a celému týmu Týdne vědy na Jaderce.

7. Zdroje

- [1.] *Iodine Spectroscopy* [online]. Trent University, 1997 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: https://www.trentu.ca/academic/physics/rshiell/PHYS461Hdir/lab_iodine_spectroscopy.pdf
- [2.] KARLÍČEK, Rolf a kol. *Analytická chemie pro farmaceuty*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2001 ISBN 80-246-0348-9
- [3.] LESSINGER, Leslie. *Morse Oscillators, Birge-Sponer Extrapolation, and the Electronic Absorption Spectrum of I* [online]. 1994 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed071p388>
- [4.] SMART, Oliver. *Justification of harmonic form for bond potential* [online]. 1995 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: http://www.cryst.bbk.ac.uk/PPS2/course/section7/os_harju.html
- [5.] SNADDEN, R. B. The iodine spectrum revisited. *Journal of Chemical Education*, 1987 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: https://www.uni-ulm.de/physchem-praktikum/media/literatur/1987_The_Iodine_Spectrum_Revisited.pdf

Jak nám pomáhají tenké vrstvy

S. Hlavatý, F. Solař

První soukromé jazykové gymnázium, Brandlova 875 Hradec Králové
Sebastian.h@email.cz

Abstrakt:

V miniprojektu byly studovány tenké vrstvy, které jsou v dnešní době hojně využívány v každodenním životě. Byla určena tloušťka, tvrdost a Youngův modul vrstev připravených v laboratoři a v průmyslové praxi. Bylo prokázáno, že ochranné multivrstvy mají větší tvrdost než substrát, což potvrdilo oprávněnost jejich aplikace.

1 Úvod

Homogenní materiály jsou v dnešní době velice důležité a v některých aplikacích nenahraditelné. Pro některé aplikace je však nutné využívat materiály, které jsou velmi drahé a obtížné na výrobu. Z tohoto důvodu jsou vytvářeny tenké vrstvy na dostupnějším substrátu. V dnešní době jsou používány například v energetice a dopravě, k výrobě náradí a ochraně vysoce namáhaných částí strojů, pro biokompatibilní implantáty do lidského těla, v optickém průmyslu či elektrotechnice [1].

2 Materiál a experimentální metody

V projektu jsme se zabývali zkoumáním 5 vzorků (tenké vrstvy na substrátu). Dva vzorky byly laboratorně vytvořeny a dva vzorky byly součástky používané v průmyslu. Poslední byl kontrolní vzorek substrátu (ocel), na který byly vrstvy nanášeny.

Laboratorní vzorky byly tvořeny ocelovým substrátem, na který byly metodou PVD nanášeny tenké vrstvy. U prvního vzorku se jednalo o multivrstvu vytvořenou střídáním vrstev chromu a nitridu chromu a u druhého titanu a nitridu titanu. Vzorky zastupující předměty z praxe byly ocelová destička pokrytá vrstvou mědi za účelem zabránění koroze a bit, jehož základ tvořila ocel a byl pokryt tenkou vrstvou nitridu titanu, aby se zvýšila životnost bitu díky vyšší tvrdosti vrstvy.

Tyto vzorky jsme podrobili zkouškám tvrdosti (jen v laboratoři vytvořené vzorky a vzorek substrátu) a také jsme změřili tloušťku studovaných tenkých vrstev. Tvrdost byla měřena za pomoci nanoindentoru NHT2 (Anton Paar, Graz), kdy přístroj vtlačil diamantový hrot tvaru trojbokého jehlanu do materiálu požadovanou silou. Přístroj během celého testu zaznamenává aplikovanou sílu F a hloubku vtisku h . Díky znalostem materiálových vlastností hrotu a jeho přesné geometrie lze ze záznamu síla-hloubka vtisku vypočítat tvrdost H

zkoumaného materiálu a redukovaný Youngův modul pružnosti E_r (zahrnující elastické vlastnosti jak zkoumaného materiálu, tak použitého hrotu) ze vztahů [2]

$$H = \frac{F_m}{A_p(h_c)}, \quad E_r = \frac{S\sqrt{\pi}}{2\beta\sqrt{A_p(h_c)}},$$

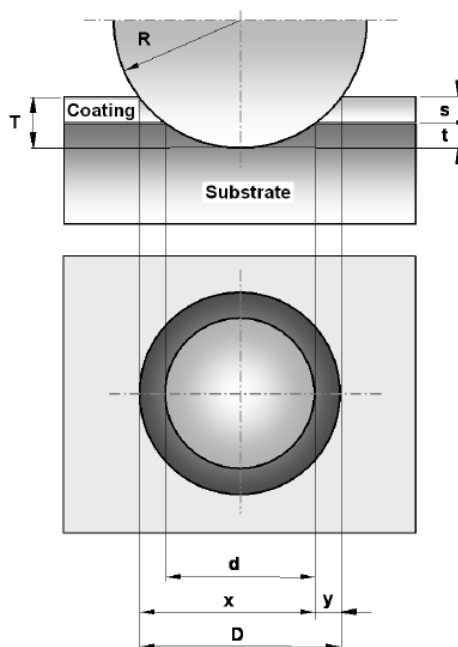
kde F_m je maximální aplikovaná síla, A_p je promítnutá kontaktní plocha, h_c je kontaktní hloubka, S kontaktní tuhost (směrnice odtěžující části křivky $F-h$) a β je korekční parametr závisející na geometrii hrotu. Samotný Youngův modul vzorku E lze dopočítat ze vztahu

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1-\nu^2}{E} + \frac{1-\nu_i^2}{E_i},$$

kde E_i je Youngův modul hrotu, ν_i je Poissonův koeficient hrotu a ν je předpokládaný Poissonův koeficient vzorku.

Následně jsme ještě zjistili tloušťku tenkých vrstev pomocí Calotestu. Při této metodě byl točící se kuličkou o poloměru R vybroušen důlek ve tvaru kulového vrchlíku do zkoumané vrstvy a následně byly pořízeny snímky pomocí metalografického mikroskopu, aby se mohly změřit potřebné parametry pro výpočet tloušťky vrstvy, viz obrázek 1. Tloušťka vrstev s byla určena ze vztahu [3]

$$s = \frac{xy}{2R}.$$



Obrázek 1: Princip metody calotestu. [3]

3 Výsledky

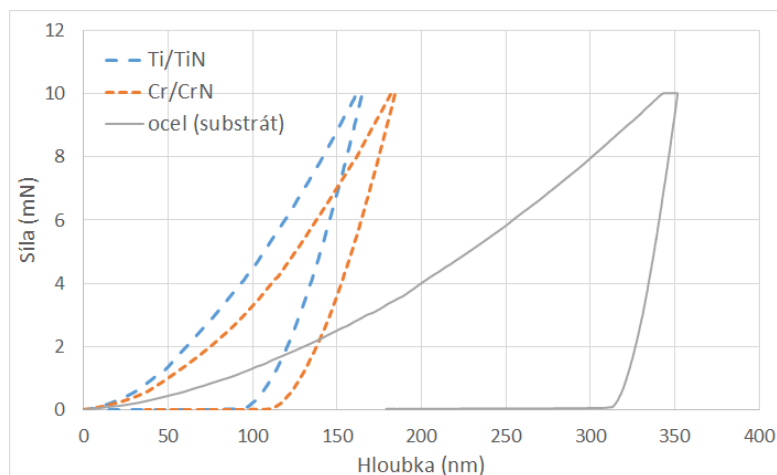
Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 – výsledky měření tvrdosti, Youngova modulu a tloušťky vrstev.

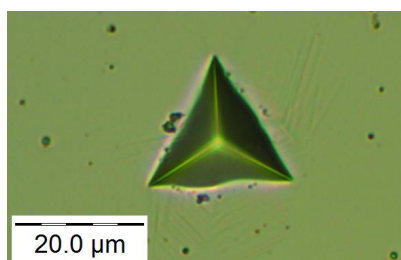
materiál	H (MPa)	E (GPa)	tloušťka vrstvy (μm)	tloušťka dílčí vrstvy (nitrid) (μm)
multivrstva Ti/TiN	19508 ± 3015	319 ± 39	3.8 ± 0.2	0.56 ± 0.02
multivrstva Cr/CrN	15265 ± 1609	261 ± 14	6.0 ± 0.1	0.74 ± 0.01
galvanicky nanesená měď	N/A	N/A	4.2 ± 0.8	N/A
nitrid titanu (bit)	N/A	N/A	2.5 ± 0.5	N/A
ocel (substrát)	3411 ± 1665	215 ± 10	N/A	N/A

Lze si povšimnout, že ocel, na které byly nanесeny multivrstvy, měla podstatně nižší tvrdost (přibližně pětkrát) než vrstvy nanесené na ni. Tenké vrstvy mají zároveň vyšší Youngův modul pružnosti. Porovnali jsme pouze laboratorní vzorky z důvodu jejich vysoké kvality a homogenity. U průmyslově vyráběných vrstev lze očekávat větší rozptyl a měření by bylo značně složitější. Průměrné zatěžovací křivky síla-hloubka vtisku jsou na obrázku 2 a ukázka vtisku vytvořeného diamantovým hrotem na obrázku 3.

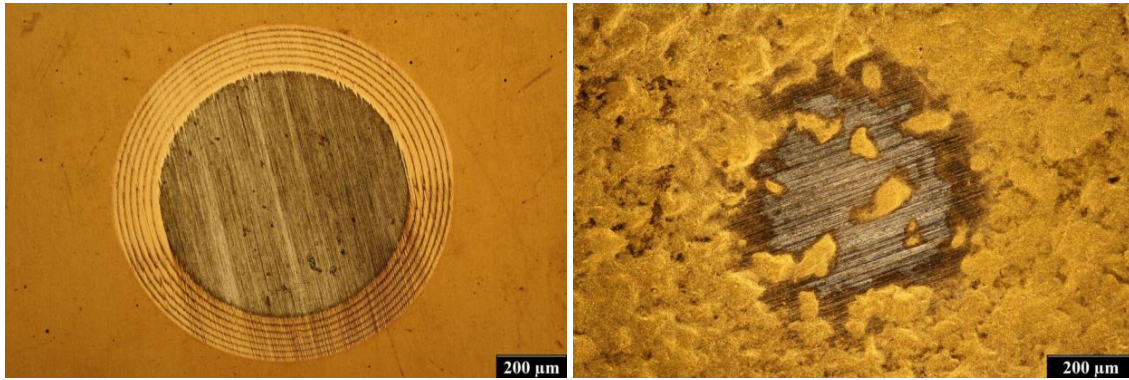
Charakteristické dutiny vybroušené při měření tloušťek vrstev jsou na obrázcích 4 a 5. Tloušťka vrstev se pohybovala od 2 do 6 μm , kdy jednotlivé vrstvy nitridu ve studovaných multivrstvách měly tloušťku přibližně 0,5 až 0,7 μm . Tenčí vrstvu u multivrstev, která byla tvořena buďto titanem nebo chromem, nebylo možné změřit z důvodu nízké rozlišovací schopnosti této metody a případné možné vysoké chyby měření.



Obrázek 2: Zatěžovací křivky síla-hloubka vtisku.



Obrázek 3: Zbytkový vtisk po diamantovém hrotu.



Obrázek 4: Multivrstva titanu a nitridu titanu. Obrázek 5: Nitrid titanu na oceli (bit).

Dokázali jsme, že multivrstvy hrají významnou roli na mechanické vlastnosti předmětu z hlediska tvrdosti a pružnosti, na které byl tento experiment zaměřen. Největší tvrdostí disponovala multivrstva titanu a nitridu titanu. Na základě vzhledu vrstvy a vybroušených dutin můžeme říci, že vzorky připravené v laboratoři disponují vyšší kvalitou a homogennou vrstev než průmyslově vytvořené vrstvy.

4 Shrnutí

Úspěšně jsme ověřili využitelnost a praktičnost tenkých vrstev v průmyslu pro zlepšení mechanických vlastností předmětů, především jejich tvrdosti a pružnosti. Nejlepší výsledky, co se tvrdosti týče, měla multivrstva titanu a nitridu titanu. Tenké vrstvy jsou v dnešní době velice důležité a nepochybně se jejich využitelnost bude i nadále zvyšovat. Bylo by zajímavé zkusit více kombinací materiálů, ze kterých jsou tenké vrstvy vytvořeny, a studovat jejich unikátní vlastnosti, jako je například kompatibilita s lidským tělem.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu vedoucímu Ing. Jaroslavu Čechovi, Ph.D. za odborné vedení při projektu a Katedře materiálů FJFI ČVUT v Praze, za možnost vypracovat tento projekt a za poskytnuté vybavení.

Reference:

- [1] http://www.ateam.zcu.cz/tenke_vrstvy_sma.pdf (19/06/2018).
- [2] W. C. OLIVER – G. M. PHARR.: *Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology*, J. Mater. Res., 2004, pp. 3–20.
- [3] *Calotest – User manual*, CSM Instruments, 2011, 11 p.

Příprava follow-up pozorování kandidátů na exoplanety objevených vesmírnou misí TESS

Barbora Nováčková*, Michal Mikeska**

*Gymnázium Českolipská, Praha, **Gymnázium Ostrava Zábřeh, Ostrava

*barca.novackova@seznam.cz, **michalmikesak@gmail.com

Abstrakt

18.dubna 2018 byl na oběžnou dráhu Země vynesena satelit TESS, jehož úkolem je zaznamenávat a zkoumat nové exoplanety. Objevené kandidáty budou přezkoumávat dalekohledy ze Země (tzv. follow-up pozorování), které kandidáty buď potvrdí nebo vyvrátí. My jsme si vyzkoušeli metody tohoto pozorování na kandidátech objevených misí Kepler K2.

1. Úvod

V dnešní době často slycháme o tzv. exoplanetách. Přitom se nejedná o novou záležitost. Exoplaneta je planeta, která obíhá okolo jiné hvězdy než kolem Slunce. První myšlenky, že ve vesmíru existují jiné planety než ty obíhající kolem Slunce, pochází již z Antiky, kdy starořecký filosof Epikúros vyslovil myšlenku, že *“existuje nekonečně mnoho světů, podobných tomu našemu, i naprosto odlišných”*. Tato domněnka nebyla veřejností uznávána a převahu měl Aristotelův názor, že existuje jen jediný svět a to ten náš. V 16. století navázal italský filosof Giordano Bruno na Koperníkovu myšlenku o heliocentrismu a posunul ji ještě dál. Prohlásil, že Slunce je jednou z mnoha hvězd a že tyto hvězdy mají také své planety.

První potvrzená exoplaneta byla objevena roku 1992. Do 1. dubna 2018 bylo objeveno 3758 exoplanet. Nejvíce z nich objevil vesmírný teleskop Kepler - přes 2000 potvrzených exoplanet a několik tisíc planetárních kandidátů. Exoplanety pro nás znamenají nová místa ve vesmíru, kde by se mohl vyskytovat život.

Mise Kepler

Sonda Kepler, pojmenována na počest německého astronoma Johanna Keplera, byla vynesena na oběžnou dráhu Slunce 7. března 2009, kde obíhá s oběžnou dobou 372,5 dne. Mise je součástí NASA programu Discovery a její původní plánovaná délka byla 3,5 roku, avšak sonda je funkční dodnes. Jejím primárním cílem je hledat exoplanety podobné Zemi.

Již počátkem roku 2010 bylo oznámeno 5 Keplerem objevených exoplanet, během následujících tří let objevil přes několik tisíc dalších kandidátů. V květnu 2013 se Keplerovi pokazil druhý ze čtyř gyroskopů, které slouží k jeho stabilizaci ve vesmírném prostoru. Roku 2014 byla tedy spuštěna mise K2, kdy sonda využívá ke stabilizaci tlaku slunečního záření.

Jednou za tři měsíce musí však přeměrovat zorné pole svého dalekohledu, čímž dochází k úbytku paliva.

Kepler překonal veškerá očekávání a objevil 2619 potvrzených exoplanet a 2724 planetárních kandidátů. Během několika měsíců však jeho mise skončí, protože mu dojde palivo.

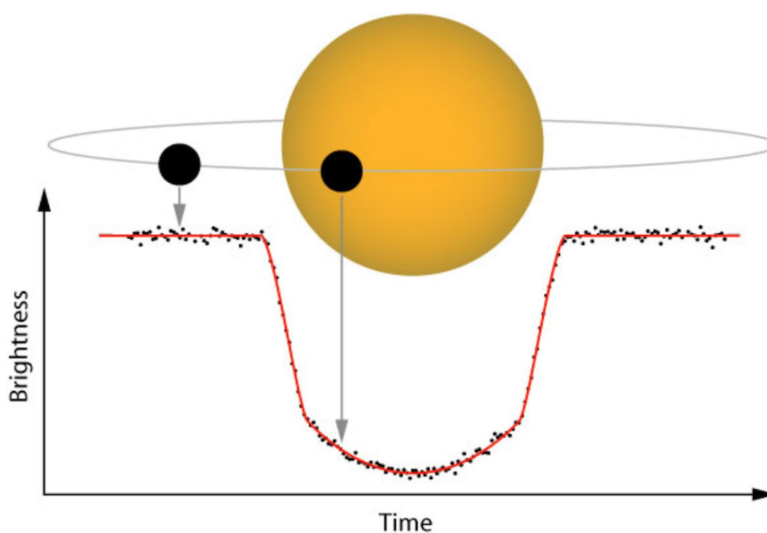
Mise TESS

Na misi Kepler navazuje nová mise NASA v programu Explorer - mise TESS. Sonda TESS byla vynesena 18. dubna 2018 na oběžnou dráhu Země a jejím cílem je zkoumat planety okolo jasných hvězd (se zdánlivou magnitudou méně než 12), které lze pozorovat ze Země. Během dvou let prozkoumá 26 sektorů, každý z nich bude pozorovat 13,7 dnů. Během prvního roku prozkoumá severní oblohu, poté se přetočí a bude zkoumat oblohu jižní. Sonda TESS pokryje 400x větší plochu než sonda Kepler. Mise je optimalizována pro následující follow-up pozorování planetárních kandidátů ze Země.

2. Metody výzkumu exoplanet

Exoplanety lze zkoumat přímým pozorováním, výrazně však převládá uplatnění nepřímých metod. V rámci našeho miniprojektu jsme se soustředili na měření radiální rychlosti a tranzitní metodu, které se používají nejčastěji.

Při změně radiální rychlosti dochází k tomu, že vlnová délka objektu, který se od nás vzdaluje, se pro pozorovatele na Zemi zvětšuje. Takto zkoumáme mateřskou hvězdu a exoplanetu, které obíhají okolo společného těžiště. Pokud se k nám přiblíží exoplaneta, vzdálí se od nás mateřská hvězda a její vlnová délka se zkrátí, což zkoumáme pomocí spektra hvězd. Tranzitní metoda zkoumá pokles jasnosti mateřské hvězdy, když přes ní z pohledu pozorovatele na Zemi přechází exoplaneta. Tento zkoumaný přechod nazýváme tranzitem. Sonda TESS bude při svém zkoumání používat metodu tranzitní.



Tranzitní metoda, zdroj: NASA

3. Příprava follow-up pozorování

Naším úkolem bylo zvolit vhodné kandidáty exoplanet objevených misí Kepler K2 k follow-up pozorování z Observatoře Astronomického ústavu Akademie věd ČR v Ondřejově. Z databáze NASA Exoplanet Archive jsme vybrali takové kandidáty, kteří splňovali dostatečnou jasnost pro pozorování z Ondřejova, tedy méně než 11 magnitud, a jejich hloubka tranzitu je méně než 5%. Pokud je hloubka tranzitu vyšší, zvyšuje se šance, že se jedná o dvojhvězdu. Dále jsme museli zjistit, zda-li jsou naši kandidáti pozorovatelní alespoň 3 měsíce v roce, pro získání dostatečného počtu dat. K tomu jsme využili aplikaci Stellarium, z níž jsme mohli dané hvězdy “pozorovat” přímo z Ondřejova. Námi nalezené kandidáty jsme zaznamenali do tabulky č. 1.

EPIC označení	Viditelnost (měsíc)	Pozorování	Doba oběhu ve dnech	hloubka tranzitu	Vmag	Délka expozice	HD název
EPIC 204763194	-	ne	2.32	0,54	9.973	2x 1800s	HD 143191
EPIC 201705526	1.-3.	ano	18.10	0,78	9.938	2x 800s	
EPIC 201270464	1.-4.	ano	1.58	0,86	9.392	2x 1800s	HD 98575
EPIC 201534540	-	ne	2.72	1,49	8.197	2x 1200s	HD 99458
EPIC 202059377	jaro	ano	1.58	2,49	8.700	2x 1200s	HD 46882
EPIC 205050711	-	ne	4.30	2,61	10.588	2x 1800s	
EPIC 210925707	10.-12.	ano	1.69	4,59	9.519	2x 1800s	HD 23765
EPIC 211993818	1.-3.	ano	8.99	4,86	7.218	2x 1200s	HD 70826

Tabulka č. 1: Vybrání kandidáti z mise Kepler K2 pro follow-up pozorování

Samotné pozorování se skládá z pořízení korekčních snímků (tzv. zero, flat a domeflat snímků), srovnávacích snímků (snímky spektra thorium-argonové lampy a snímky “rv-standardní” hvězdy) a následného pozorování samotných cílů - kandidátů, kteří jsou v dané chvíli pozorovatelní (v našem případě cíle uvedené v tabulce č. 1).

4. Závěr

Vyzkoušeli jsme si připravit follow-up pozorování z observatoře v Ondřejově. Pro sondu TESS by se některé podmínky lišily. Narozdíl od Keplera se soustředí pouze na jasnější hvězdy s magnitudou menší než 12, což by při pozorování ze stejného místa kandidáty neovlivnilo, neboť již naši zvolení kandidáti mají méně než 11 mag.. Délka tranzitu by musela být taková, aby ji sonda TESS byla schopna během 13,7 dnů pozorování daného sektoru zaznamenat. Mise TESS nalezne více kandidátů, kteří budou splňovat výše zmíněné parametry a kteří budou z Ondřejova viditelní po celý rok.

Pro lidstvo tímto velkým krokem začíná nové éra bádání v oblasti exoplanet. Pokud se následně potvrdí existence dalších exoplanet, budeme moci lépe pochopit vznik planet obecně a tedy i naší modré planety Země. A kdo ví, možná jednou bude právě mise TESS označována jako klíč k velkým úspěchům.

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali garantovi našeho miniprojektu Danielovi Dupkalovi za uvedení do problematiky exoplanet a za ochotu nám poradit a leccos vysvětlit. Dále bychom rádi poděkovali organizátorům letošního ročníku Týdne vědy na Jaderce za možnost vzdělávat se a vyzkoušet si vědeckou práci na vlastní kůži.

Reference

- Bozza V., Mancini L., Sozzetti A.: *Methods of Detecting Exoplanets*, Springer, 1st ed. 2016 edition, B01E6O29RM
- ONLINE: Aldebaran homepage, Exoplanety, (19.6.2018)
<https://www.aldebaran.cz/astrofyzika/hvezdy/exoplanets.php>
- Borucki W. J., *Rep. Prog. Phys.* 79 (2016) 036901 (49pp)
- ONLINE: Petr Kubala, Kepler našel první planetu v rámci nové mise K2 (19.6.2018),
<https://www.exoplanety.cz/2014/12/18/kepler-je-definitivne-zpet-nasel-prvni-planetu-v-ramci-nove-mise-k2/>
- ONLINE: Petr Kubala, Kolik exoplanet je v Galaxii? (19.6.2018),
<https://www.exoplanety.cz/2012/01/13/kolik-exoplanet-je-v-galaxii/>
- ONLINE: NASA, *Spacecraft and Instrument*, 2011 (cit. 19.06.2018)
https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/spacecraft/index.html
- ONLINE: NASA Exoplanet Archive, K2 Candidates (19.6.2018)
<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/TblView/nph-tblView?app=ExoTbls&config=k2candidates>
- ONLINE: WIKIPEDIA contributors (2018, June 13), *Transiting Exoplanet Survey Satellite* (June 19, 2018)
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transiting_Exoplanet_Survey_Satellite&oldid=845745600
- ONLINE: astro.cz; Mise TESS odstartovala na oběžnou dráhu. (19.6.2018)
<http://www.astro.cz/clanky/exoplanety/novy-lovec-exoplanet-tess-odstartoval-na-obeznou-drahu.htm>

Základní diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM

F. Dostál, O. Michálek, P. Zavoral

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

ota.michalek@gmail.com, fandadostal@seznam.cz, patrik.zavoral@gmail.com

Abstrakt

Práce se zabývá měřením hodnot základních parametrů (napětí na závit, magnetická indukce toroidálního pole, celkový proud, intenzita vyzařování plazmatu) na tokamaku GOLEM. Dále jsme z naměřených hodnot vypočítali elektronovou teplotu a dobu udržení energie, kterou jsme pak vynesli do závislosti na magnetické indukci a zjistili jejich vzájemnou korelaci.

1. Úvod

Tokamaky představují jednu z možností dosažení termonukleární fúze v pozemských podmínkách. Současně se usiluje o dosažení co nejdelší doby udržení energie za co nejvyšší teploty a hustoty. V tomto příspěvku se zabýváme měřením základních charakteristik výboje plazmatu v tokamaku. Právě to je poté základem pro další optimalizaci a smýšlení o dalším postupu.

2. Měření

Pro měření byl použit univerzitní tokamak GOLEM. Na něm jsme měřili čtyři charakteristiky výboje: napětí na závit, toroidální magnetické pole, celkový proud a signál z fotodiody. K poslání příkazu na výboj s nastavenými parametry jsme využívali předem připravené rozhraní dostupné přes prohlížeč.

Ad “napětí na závit”: Měření jsme prováděli pomocí měděného drátu vinutého paralelně s toroidální komorou tokamaku. V důsledku magnetické indukce se ve vodiči indukují napětí U .

Ad “magnetické pole”: Zjištěno proudem indukovaným v cívce umístěné v toroidálním směru, dále již B_T .

Ad “celkový proud”: Měřeno pomocí Rogowského pásku. Tj. cívka obepínající komoru v poloidálním směru, v níž změna magnetické indukce v čase indukuje proud.

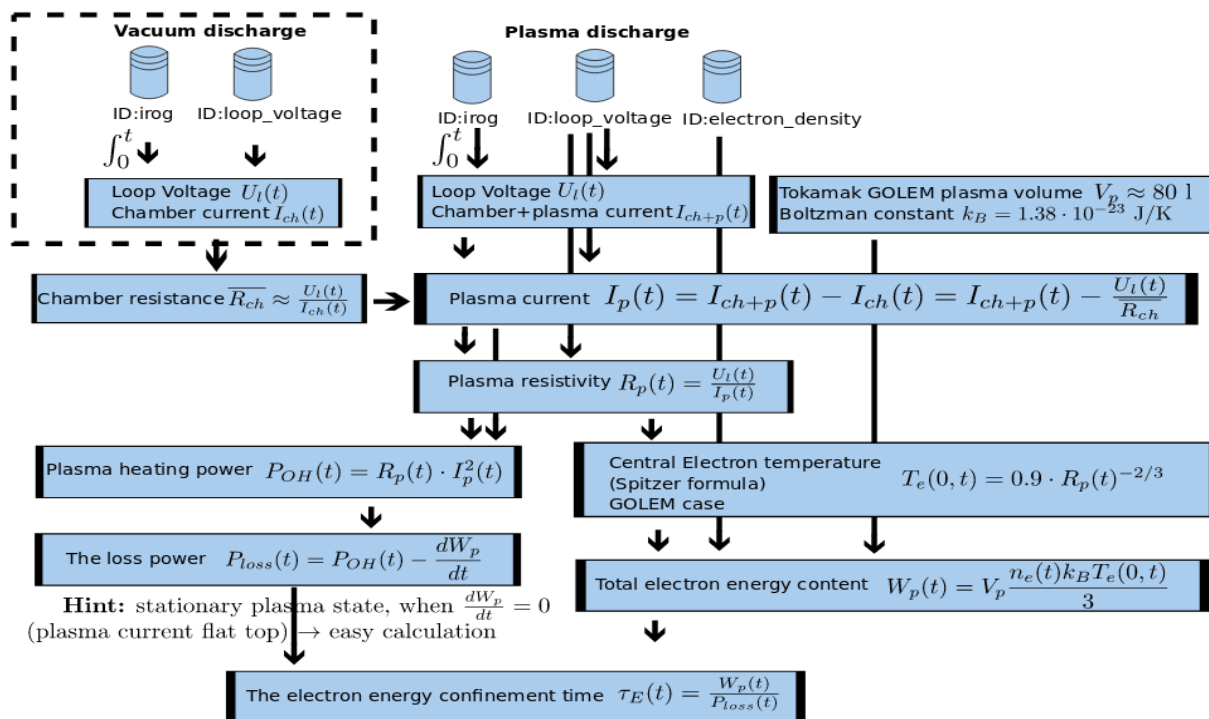
Ad “intenzita záření v tokamaku”: K měření jsme použili fotodiodu, kterou jsme namířili dovnitř tokamaku přes tlusté sklo.

Jedno z provedených měření bylo kalibrační. Tím jsme zjistili proud komorou, který jsme dále použili pro výpočet proudu plazmatem I_p z celkového proudu.

3. Zpracování dat

Všechny signály jsme zaznamenali pomocí osciloskopu, z něhož jsme dále čerpali data přes ethernet do počítače. V osciloskopu jsme pomocí jeho matematického toolkitu zintegrovali naměřený signál z cívky toroidálního pole a Rogowského cívky, abychom získali proud tekoucí těmito cívkami.

Pro manipulaci s daty jsme vytvořili program v jazyce Python3, využívající další knihovny, např. NumPy nebo Matplotlib. Ten cyklicky volá funkce pro výpočet doby udržení energie pro různé výboje. Z výsledků jsme vytvořili závislost doby udržení energie na maximální magnetické indukci pole v daném výboji.



Obr. 1: Schéma užitě pro výpočty. [1]

4. Výsledky

V **Grafu 1** jsme zobrazili několik naměřených charakteristik:

t ...čas měření,

U_{loop} ...napětí na závit,

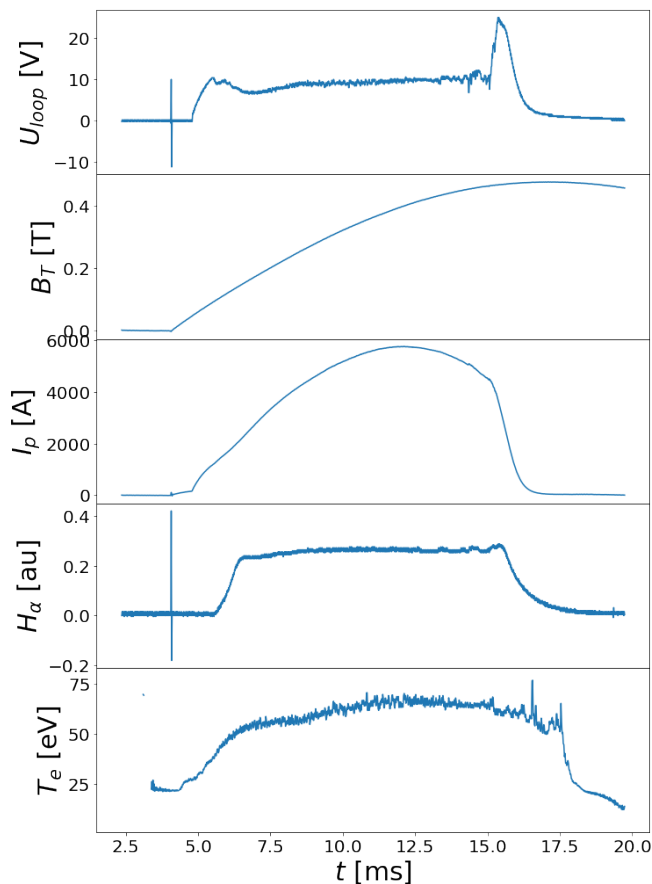
B_T ...magnetická indukce toroidálního pole,

I_p ...proud plazmatem,

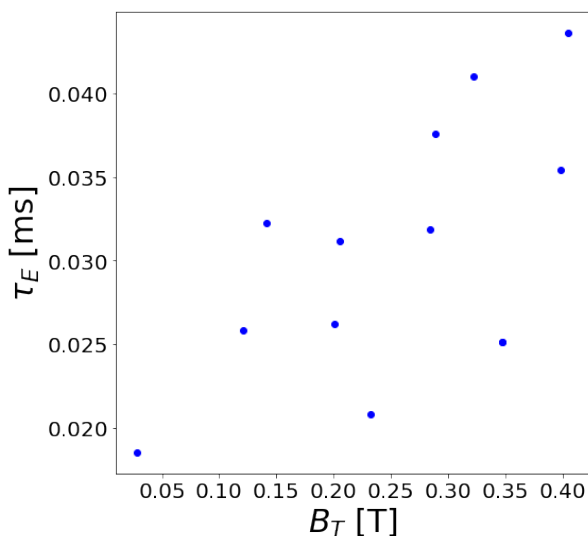
H_α ...signál z fotodiody,

T_e ...elektronová teplota.

Při výstřelu dosahuje napětí na závit hodnoty 10 V, ale velmi vysokých proudů, až 6 kA, což je způsobeno velmi vysokou vodivostí plazmatu.



Graf 1: Zjištěné charakteristiky výstřelu č. 27543.



Graf 2: Závislost času udržení na mag. indukci toroidálního pole.

5. Diskuze

Prvotní peaky v Grafu 1 lze odůvodnit otevřením tyristoru. Tím dojde k rychlé změně potenciálových hladin a k následnému, téměř okamžitému, ustálení na původních hodnotách.

Při výboji jsme dosáhli teploty téměř 75 eV, která odpovídá přibližně 750 000 °C. Z takové teploty ale můžeme získat pouze energii pohybující se řádově kolem 1 J. To je způsobeno obecně nízkou hustotou plazmatu, která je řádově 10^{18} částic na 1 m^3 .

V Grafu 2 vidíme kladnou závislost mezi dobou udržení energie a torodiálním magnetickým polem. Za velkou část rozptylu je zodpovědná variace dalších parametrů výboje: napětí na kondenzátoru, jež napájí proud plazmatem, a tlak pracovního plynu. Můžeme tedy usoudit, že doba udržení energie roste s magnetickou indukcí toroidálního pole. Toto je základem udržení plazmatu v tokamacích s vysokým magnetickým polem.

6. Shrnutí

Zabývali jsme se měřením charakteristik plazmatu na univerzitním tokamaku GOLEM. Podobná činnost by v budoucnu mohla vést k optimalizaci tokamaků a jejich následnému využití v energetickém průmyslu.

7. Poděkování

Děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a celému týmu Týdne vědy na Jaderce za umožnění a připravení tohoto projektu. Zároveň děkujeme našim školitelům, již nám při projektu pomáhali.

8. Reference

- [1] FJFI ČVUT, Vysokoteplotní plazma na tokamaku GOLEM
<http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/Kfpract/15/Basics/uloha13A.pdf>, citováno 19. 6. 2018

Základy diagnostiky plazmy na tokamaku GOLEM

O.Kohút, *Gymnázium Vídeňská*, Brno

Ondrejko.huut@gmail.com

M. Lelák, *Gymnázium J. A. Raymana*, Prešov

Lelak.michal@gmail.com

M. Moravčík, *Evanjelické gymnázium Juraja Tranovského*, Liptovský Mikuláš

marian.moravcik@alconet.sk

Abstrakt

V tomto projekte jsme se soustředili na výpočet teploty plazmatu z naměřených parametrů plazmatu na tokamaku GOLEM. Jeden z dalších úkolů bylo zjišťování, co konkrétně ovlivňuje dobu udržování energie v plazmatu.

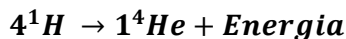
1 Úvod

Tokamak je zariadenie, ktoré slúži ako magnetická nádoba na vznik a uchovávanie horúcej plazmy za účelom termojadrovej fúzie, čo by mohlo byť v budúcnosti hlavným zdrojom energie. Nato je potrebné zahriať plazmu na veľmi vysokú teplotu (stovky miliónov stupňov Celsia) a udržať ju v tejto nádobe čo najdlhšie. Preto je našim hlavným cieľom zistiť teplotu plazmy a čas udržania energie v tokamaku.

2 Teória

Termojadrová fúzia

Jedná sa všeobecne o dej, pri ktorom dochádza k syntéze (zlúčovaniu) jadier s nižšou atomovou hmotnosťou do jadra s vyššou hmotnosťou. Jadrá sa dostávajú do tesnej blízkosti, kedy prekonávajú vzájomné elektrostatické bariéry a následne dochádza k ich zlúčeniu.



Jadrová fúzia v pozemských podmienkach by teda mohla byť zdrojom čistej energie bez vzniku nebezpečného odpadu.

Jadrová fúzia prebieha prirodzene vo hviezdach. Čím je hviezda väčšia a hmotnejšia, tým rýchlejšie premena prvkov prebieha.

Plazmový výboj

Prebieha v nasledujúcich krokoch:

1. Vyčerpanie komory
Komora sa vyčerpáva pomocou rotačnej a turbomolekulárnej vývevy na tlak približne 1 mPa.
2. Napustenie pracovného plynu
Komoru napustíme vodíkom cez webové rozhranie na hodnotu 8 až 15 mPa.
3. Zapnutie predionizácie
Aby došlo k prerazeniu, musí plyn obsahovať nabité častice. Uskutočnime to pomocou rozžeraveného wolfrámového vlákna emitujúceho elektróny prostredníctvom elektrónovej termoemisie.
4. Iniciácia toroidálneho magnetického poľa
Horúca plazma sa nesmie dotýkať stien komory, pretože by veľmi rýchlo vychladla. Plazma musí teda v komore levitovať – je potrebné vygenerovať magnetické pole, čo uskutočnime vybitím kondenzátora napojeného na 28 toroidálnych cievok. Odporúčané napätie na kondenzátore je $U_B \leq 1300$ V.
5. Iniciácia elektrického poľa
Plazmu vytvoríme a zohrejeme pomocou elektrického poľa a to vybitím kondenzátora napojeného na primárnu cievku transformátora. Odporúčané napätie na kondenzátore je $U_{CD} \leq 600$ V.

3 Experimenty

Meranie

Tokamak sme osadili týmito základnými diagnostickými prostriedkami: kábel na meranie napätia na závit U_l , cievka na meranie toroidálneho magnetického poľa B_t , Rogowskeho pásik na meranie prúdu plazmou I_p , fotodióda na meranie intenzity žiarenia plazmy. Dáta sme zberali pomocou štvorkanálového osciloskopu Rigol a následne spracovali v programovacom jazyku Python.

Výpočty

Pri experimente sme merali 4 parametre, a to: napätie komory U_l , celkový elektrický prúd I , toroidálne magnetické pole B_t a intenzitu žiarenia. Ako prvé sme vypočítali odpor komory pomocou vákuového výboja zo vzťahu:

$$R_{ch} \approx \frac{U_l(t)}{I_{ch}(t)}$$

Následoval výpočet prúdu v plazme $I_p(t)$ vzťahom:

$$I_p(t) = I_{ch+p}(t) - I_{ch}(t) = I_{ch+p}(t) - \frac{U_l(t)}{R_{ch}(t)}$$

Kde I_{ch} je elektrický prúd komory. Z Ohmovho zákona sa dá vypočítať odpor plazmy $R_p(t)$:

$$R_p(t) = \frac{U_l(t)}{I_p(t)}$$

Aby sme mohli vypočítať čas udržania energie, museli sme sa dopracovať k hodnotám energetických strát P_{loss} a energie plazmy $W_p(t)$. Celkové energetické straty P_{loss} sme vypočítali vzťahom:

$$P_{loss}(t) = P_{OH}(t), \text{ kde } P_{OH}(t) = R_p(t) \times I_p^2(t)$$

P_{OH} – Výkon ohmického ohreву

Pre výpočet energie plazmy $W_p(t)$ platí vzťah:

$$W_p(t) = V_p \frac{n_e(t) \times k_B \times T_e(0,t)}{3}, \text{ kde } T_e(0,t) = 0,9 \times R_p(t)^{-2/3}$$

T_e – Centrálna elektrónová teplota

n_e – elektrónová hustota

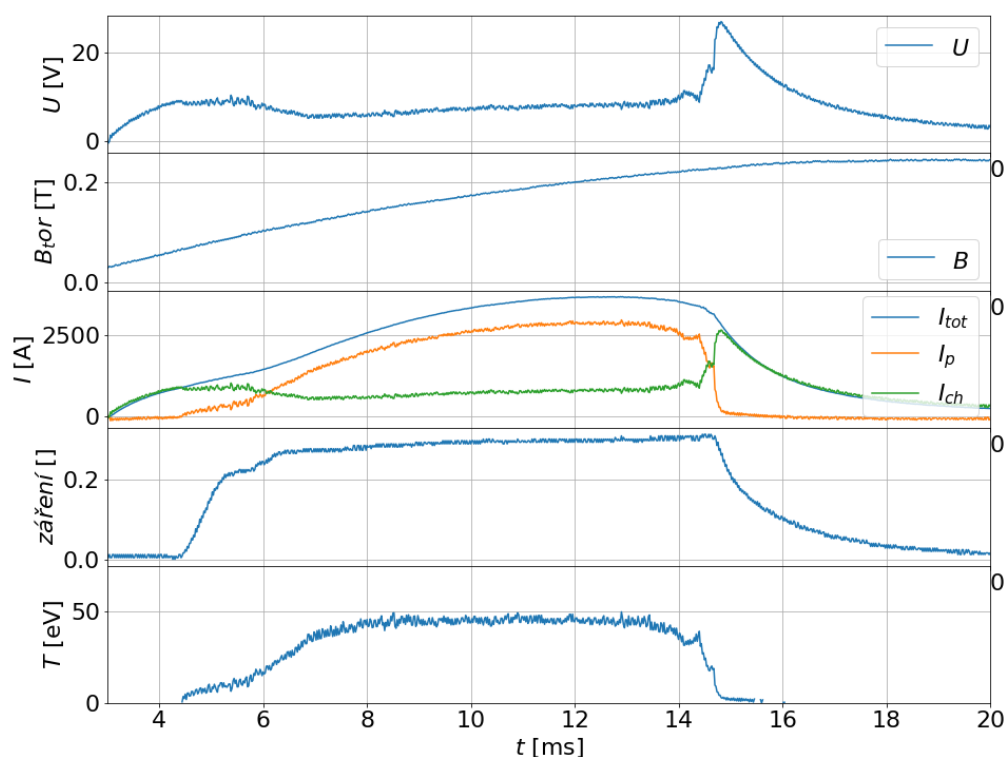
V_p – objem komory

Po vypočítaní $W_p(t)$ a P_{loss} už stačilo len dosadiť dané hodnoty do vzťahu pre výpočet času udržania energie:

$$\tau_E(t) = \frac{W_p(t)}{P_{loss}(t)}$$

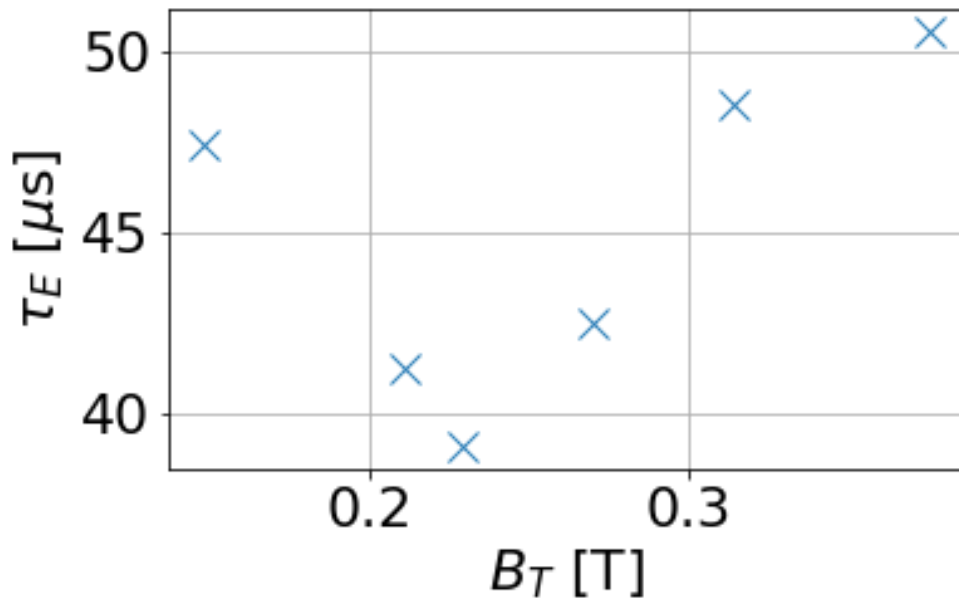
Výsledky:

Během práce s tokamakem jsme naměřili hodnoty napětí na komoře, naindukované magnetické pole a celkový naměřený proud. Následující grafy snázorňují chování veličin v závislosti na čase.



Obrázek 1: parametry výboje na tokamaku č. 27535 při napětí 550 V

Z těchto grafů lze přečíst, že maximální teplota vytvořeného plazmatu dosahuje až 50 eV, což je 500 000 °C. Mezitím se doba celého výboje pohybuje okolo 16 ms.



Obrázek 2: Závislost doby udržení energie na velikosti magnetického pole. Čím větší napětí naindukované na toroidální mag. poli, tím silnější mag. pole a tím delší udržení plazmatu.

4 Závěr

Při práci na tokamaku GOLEM jsme se naučili jak takový tokamak uvést do provozu. Tím se myslí zapojení Rogowského pásku, fotodiody, obvod napětí namotaný na závit a osazení cívky na měření toroidálního magnetického pole. Po získání výsledků z měření jsme úspěšně spracovali data a vypočítali teplotu plazmy a zaznamenali dobu jejího udržení. Ze záznamů více měření jsme dále zjistili jaký vliv má rostoucí síla toroidálního magnetického pole na celkové době udržení plazmatu v tokamaku.

5 Referencie

- [1] <http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/KFpract/15/Basics/uloha13A.pdf>
- [2] <http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/KFpract/18/docum.pdf>

Počítačová simulace turbulentního proudění

V. Beran¹, J. Světlík², O. Tomášik³, D. Horský⁴
Masarykovo gymnázium Plzeň¹, Gymnázium Kolín², Gymnázium Tajovského B. Bystrica³
Gymnázium Jaroslava Heyrovského⁴
vit.beran@fykos.cz

19. června 2018

Abstrakt

Cílem naší práce bylo studium proudění nestlačitelné tekutiny v závislosti na rychlosti a viskozitě. Vlastnosti proudění jsme nejdříve zkoumali na jednoduchém modelu a později jsme přistoupili k simulaci zabývající se prouděním okolo pevné překážky. V závěru práce porovnáme výpočetní náročnost s použitím více jader procesoru.

1 Úvod

Proudění tekutin je běžný jev, jehož studiem se lidé zabývají již dlouhou dobu. Setkáváme se s ním především v průmyslových odvětvích jako je například obtékání křídel letadel, proudění vzduchu kolem karoserie aut, ale i v našem těle, kdy nás zajímá, jakým způsobem proudí krev v našem krevním řečišti. Snaha vědecké obce je jevy spojené s prouděním pochopit a využít je tak k našemu prospěchu.

2 Matematický popis proudění

Navierovy-Stokesovy rovnice

Před téměř dvěma stoletími zformulovali vědci C. L. Navier a G. G. Stokes soustavu dvou parciálních diferenciálních rovnic, s kterými byli schopni rozumně popsat jevy spojené s prouděním tekutin. Řešení těchto rovnic je stále otevřeným problémem, neb analytická řešení se stále nepodařila nalézt. Z tohoto důvodu musíme volit numerický přístup a řešit rovnice numerickými metodami. Rovnice popisující zachování hmoty a zachování hybnosti jsou

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \rho = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v_i) + \nabla \cdot (\rho v_i \vec{v}) = \rho f_i + \sum_{j=1}^N \frac{\partial \mathcal{T}_{ji}}{\partial x_j},$$

kde ρ je hustota, \vec{v} rychlost proudění, \vec{f} označuje vnější síly a \mathcal{T} je tenzor napětí. Dále uvažujeme tenzor napětí pro Newtonovskou tekutinu. Ačkoliv jsme schopni rovnice řešit numericky, v některých případech je výhodné uvažovat nestlačitelnost tekutin. - to nám pak dovolí zapsat rovnice v jednodušším tvaru.

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0$$

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \sum_{i=1}^N v_i \frac{\partial \vec{v}}{\partial x_i} = \vec{f} - \frac{\nabla p}{\rho} + \nu \Delta \vec{v}$$

Reynoldsovo číslo

Při studiu proudění můžeme měnit několik vstupních parametrů, které mají zásadní vliv na to, jak bude pravděpodobně spočítané proudění vypadat - konkrétně se jedná o vstupní rychlost proudění, viskozitu tekutiny a v neposlední řadě rozměr oblasti. Povahu proudění popisuje bezrozměrné Reynoldsovo číslo.

$$Re = d \frac{|\vec{v}|}{\nu},$$

kde d je charakteristická délka a ν je kinematická viskozita. Je-li Reynoldsovo číslo malé, proudění je laminární, v opačném případě vznikají turbulence. Přechodovou oblastí mezi těmito druhy proudění je přibližně $Re \approx 1000$.

3 Numerické simulace

Simulace fungují na následujícím principu. Uvažujeme oblast, ve které chceme zkoumat proudění dané tekutiny. Oblast potřebujeme diskretizovat - to provedeme tím způsobem, že ji pokryjeme mřížkou (pravidelnou či nepravidelnou). Diskretizovat musíme i čas, volíme tedy dostatečně malý časový krok, se kterým necháme soustavu se vyvíjet. V systému z první rovnice platí, že se nikde neztrácí ani negeneruje hmota. To znamená, že co do buňky sítě vteče, musí i vytéct. Při diskretizaci musíme myslet na to, že se změna během časového kroku nesmí rozšířit za hranici sousedních buňek, a proto musí diskretizační parametry (δt a δx) splňovat Courantův vztah $|\vec{v}| \frac{\delta t}{\delta x} \leq 1$.

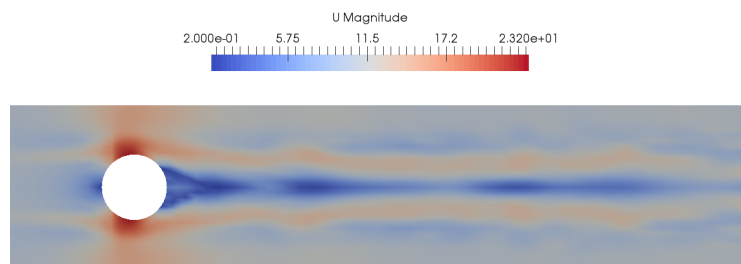
K simulacím jsme používali open-source program OpenFoam. Výsledky jsme vizualizovali pomocí programu ParaView.

4 Výsledky

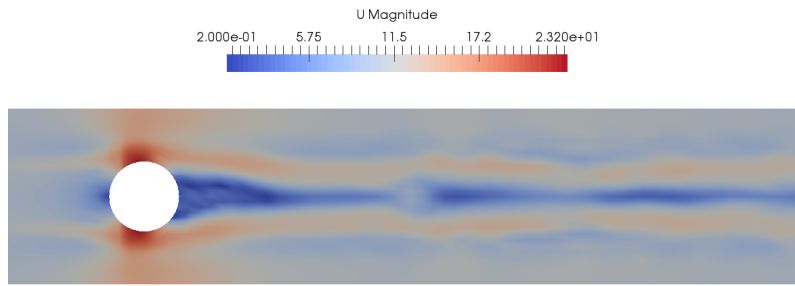
Simulace I.

Při první simulaci jsme uvažovali zjednodušený model trubky, ve které máme kruhovou překážku (2D řez). Měnili jsme parametry a zkoumali, jaký vliv, jaký vliv tyto změny měly na povahu proudění.

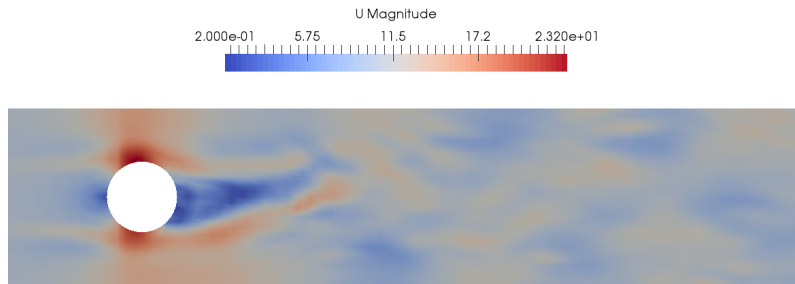
Proudění tekutiny (vzduch) v potrubí pro $\nu = 0.000017 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, $T = 30^\circ \text{ C}$ a rychlostí proudění $v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Poloměr překážky jest $r = 0.2 \text{ m}$, rozměry trubky jsou $3.0 \times 1.0 \text{ m}$. Pro tyto parametry je Reynoldsovo číslo $Re \doteq 200000$.



Obrázek 1: Velikost rychlosti v čase $t = 0.71 \text{ s}$.



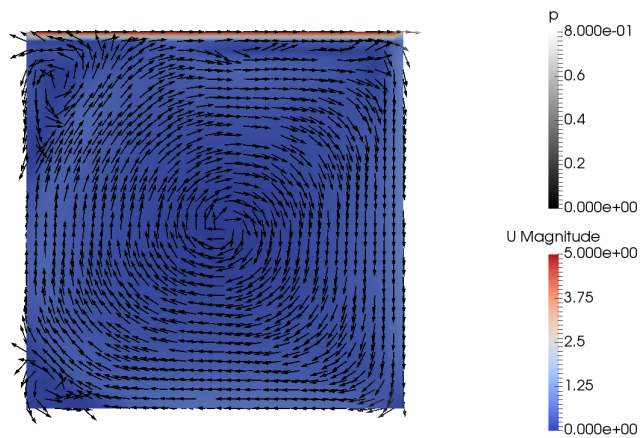
Obrázek 2: Velikost rychlosti v čase $t = 1.08$ s.



Obrázek 3: Velikost rychlosti v čase $t = 1.67$ s.

Simulace II.

Při druhé simulaci jsme zkoumali jednoduchou čtvercovou oblast, na jejíž horní hranu jsme nechali vtéct kapalinu ve směru osy x a zkoumali jak vypadá skalární tlakové pole a vektorové rychlostní pole pro různé hodnoty viskozity.



Obrázek 4: Jednoduchá čtvercová kavita, ustálený stav.

Paralelní výpočty

Jednotlivé oblasti mřížky jsme spočítali na 1, 2 či 4 jádrech procesoru. Jednotlivé části se spočítají rychleji, nicméně jádra spolu navzájem musí komunikovat, což může ve výsledku trvat déle. V tabulce níže jsou uvedeny výpočetní časy pro simulaci I. Počet elementů sítě byl 2600.

Porovnání efektivnosti			
Počet jader	Čas [s]	Urychlení	Efektivita
1	142.3	1.0	1.00
2	94.9	1.5	0.75
4	84.2	1.7	0.43

5 Závěr a shrnutí

Úspěšně se nám podařilo nasimulovat proudění ve čtvercové kavitě a proudění kolem kruhové překážky v potrubí. Získali jsme zkušenosti s programem OpenFOAM a zkoumali jsme efektivitu paralelních výpočtů. Zjistili jsme, že je nejvýhodnější při našich 4 jádrech použít rozdělení na všechna 4 jádra. Též se nám podařilo potvrdit teoretickou předpověď, pro naše vstupní parametry (odpovídající Reynoldsovo číslo $Re \approx 200000$) jsme zachytili turbulentní proudění.

Poděkování

Tímto chceme poděkovat našim supervizorům Ing. Jakubovi Solovskému a Ing. Jakubovi Klinkovskému za teoretický úvod do problematiky a pomoc při práci s programem OpenFOAM.

6 Reference

- [1] M. Feistauer: "Theory and Numerics for Problems of Fluid Dynamics," (2006).
- [2] OpenFoam Tutoriál, 2016 - <https://www.openfoam.com/documentation/tutorial-guide/>

7 Seznam použitých veličin

ρ	hustota
\vec{v}	rychlost proudění
t	čas
\mathcal{T}	tenzor napětí
\vec{f}	vnější síla
p	tlak
ν	kinematická viskozita

Stolní urychlovače elektronů

J. Demjančuková¹, M. Zikuda², Z. Vostřel³

¹Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha; ²Gymnázium Jana Palacha 804, Turnov;

³Gymnázium a SOŠ dr. V. Šmejkal, Ústí nad Labem

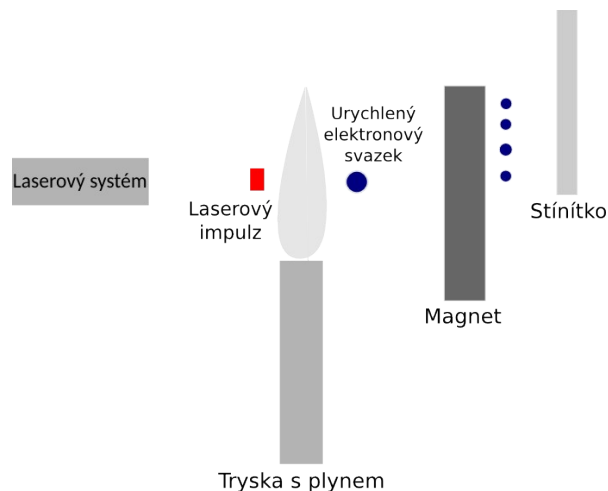
vostrel.zd@gmail.com

Abstrakt:

Urychlování částic pomocí laserových systémů je metoda, kterou se stále zabývá aktuální výzkum. Jejím praktickému využití stojí v cestě ještě řada problémů, zejména nestabilita parametrů produkovaných elektronových svazků. V této práci bylo provedeno několik simulací demonstrujících vliv změn jednotlivých fyzikálních parametrů na výsledek. Při simulaci se povedlo zvýšit energii elektronům na hodnotu 200 MeV při použití dvou protichůdných laserů.

1 Úvod

Pokud mluvíme o urychlovačích, většině lidí se vybaví obrovská zařízení jako např. LHC v CERNu. Urychlovače ale mají i jiné než vědecké využití v základním výzkumu, například ve zdravotnictví jako zdroje rentgenového záření. Všechny tyto urychlovače mají jedno společné – jsou extrémně drahé. A nejenom co se týče jejich výstavby, tak i provozu. Právě vysoká cena omezuje praktické využití těchto technologií například v medicínské praxi. Urychlovat částice ale lze potenciálně i s využitím mnohem menších přístrojů při dosažení srovnatelných výsledků. Jedním z takovýchto přístrojů může být laserový systém o výkonu menším než 100 TW. Výhodou tohoto zařízení je kompaktnost – k instalaci stačí větší stůl. Laserový systém generuje laserový impulz, který prochází plynným terčem. Za sebou vytváří brázdovou plazmovou vlnu, podobně jako loď za sebou zanechává vlnu na vodní hladině. Elektrická pole v brázdové plazmové vlně mohou dosahovat až stovek GV/m². Pokud jsou na vhodné části plazmové vlny umístěny elektrony, mohou být touto vlnou urychleni na energie několika stovek MeV na vzdálenosti několika milimetrů. Naše práce byla zaměřena na počítačovou simulaci počátku urychlovacího procesu.



Obr. 1 Náskres aparatury

2 Princip fungování

Vygenerovaný laserový impuls při průchodu plynem zapříčiní ionizaci plynu a vznik plazmatu. Při dostatečné výkonnosti laseru, tzn. pokud jeho intenzita dosahuje přibližně $6 \cdot 10^{18} \text{ W/cm}^2$, dochází vlivem takzvané ponderomické síly k vypuzení elektronů. Tím vzniká v plazmatu brázdová vlna. Pro srovnání intenzity potřebného laseru – intenzita záření na povrchu Slunce dosahuje hodnot $6.4 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$. Dosažení tak vysokých hodnot intenzity laseru je možné díky velmi krátkému trvání impulsu, které se pohybuje v řádu několika femtosekund ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$).

Na brázdové vlně dochází k zachycení elektronů, které jsou následně urychleny. Šance elektronů na zachycení závisí na řadě faktorů, přičemž my jsme se zabývali zejména průměrem dopadajícího laseru a jeho energií, hustotou plazmatu.

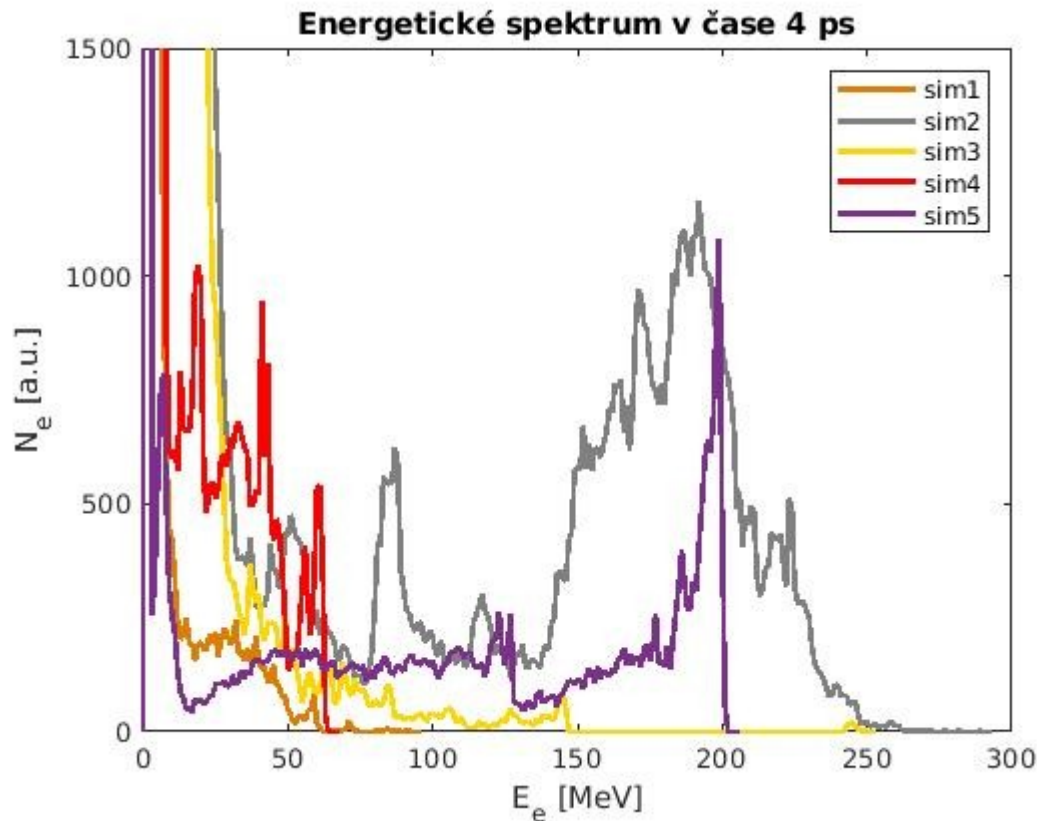
3 Simulace

Všechny simulace byly provedeny na výkonném klasteru na Ústavu fyziky plazmatu AV. Typická simulace probíhala na šestnácti jádrech a trvala více jak čtyři hodiny. Na začátku je vytvořena síťka s rozlišením 3200×360 , přičemž v každém jejím poli jsou umístěny čtyři částice. Celkem se tedy simulovalo 4.608.000 částic po dobu 4 ps. Pro každou z nich se řešily pohybové rovnice. Na síti jsou v každém časovém kroku řešeny Maxwellovy rovnice. Bylo provedeno pět simulací s různými konfiguracemi.

4 Výsledky

Simulace	Energie laseru [J]	Průměr dopadajícího laseru [m ²]	Hustota plazmatu [m ⁻³]
1	0.6	14e-6	1e25
2	2.4	14e-6	1.5e25
3	1.2	14e-6	1e25
4	2.4	14e-6	0.3e25
5	1.2+0.024	14e-6	3e24

U simulací 1-3 došlo k vytvoření brázdové vlny. Na té ale v měřeném čase nedošlo k zachycení elektronů, přestože vývoj nasvědčoval k tomu, že by k tomu dojít mohlo. Při simulaci číslo 4 došlo k dlouhé injekci elektronů, což je vhodné např. pro vytváření rentgenového záření, nebo pro medicínskou terapii.



Obr. 2: Energetické spektrum při jednotlivých konfiguracích.

U páté simulace byly použity dva protiběžné lasery. Obvykle jsou elektrony zachyceny právě tzv. samovolnou injekcí. K ní však dochází jen, když je plazmová vlna za laserovým impulzem dost

pomalá. V tom případě jsou však urychlované elektrony brzo rychlejší než plazmová vlna a proto na ni postupují kupředu. Zanedlouho se ale dostanou do zpomalující části plazmové vlny, což limituje maximální energii, na kterou mohou být urychleny.

Injekční impuls umožňuje zachycení silného elektronové svazku taky při nižších hustotách plazmatu, kdy je rychlost laserového impulsu blízká rychlosti světla. V okamžiku střetu obou impulsů je pohyb elektronů v místě střetu nelineární podoby a některé z nich setrvají na plazmové vlně.

Použití injekčního impulsu skýtá výhody, jako kontrola nad dobou injekce a tudíž i stabilnější a větší energie. Zároveň se ale jedná o komplikovanější proces a je to složitější na provedení.

3 Shrnutí

Stolní urychlování elektronů je relativně novým a neprobádaným oborem, zároveň ale i velmi nadějnou oblastí, která slibuje ulehčení práce a možnosti nových objevů v dalších vědních disciplínách. Náš výzkum byl hlavně teoretický, ale povedlo se nám prozkoumat možnosti a hranice urychlování elektronů laserovými impulsy a možná zlepšení do budoucna, třeba kombinace několika impulsů.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat vedoucímu naší práce, Ing. Vojtěchu Hornýmu, za pomoc při práci, ochotu a trpělivost.

Reference:

ESAREY, E.; SCHROEDER, C. B.; LEEMANS, W. P. Physics of laser-driven plasma-based electron accelerators. *Reviews of Modern Physics*, 2009, 81.3: 1229.

HORNÝ, Vojtěch, et al. Short electron bunches generated by perpendicularly crossing laser pulses. *Physics of Plasmas*, 2017, 24.10: 103125.

Tenké vrstvy aneb jak i málo dokáže hodně změnit.

J. Jelínek¹, A. Robbová², J. Zelinka³

Gymnázium Olomouc-Hejčín¹, Církevní gymnázium Plzeň², Gymnázium Na Vítězné pláni³

jjienldirniechk@gmail.com¹, anna.robova@seznam.cz², zelinka@gvp.cz³

Abstrakt

Tato práce se zabývá nanášením tenké vrstvy hliníku na substrát z nerezové oceli technologií Ionizied Jet Deposition (IJD) a jeho následným analyzováním optickým mikroskopem, posléze difraktometrem. Vrstva, kterou se podařilo nanést, byla krystalicky strukturovaná a měřitelná o tloušťce cca 1 mikron.

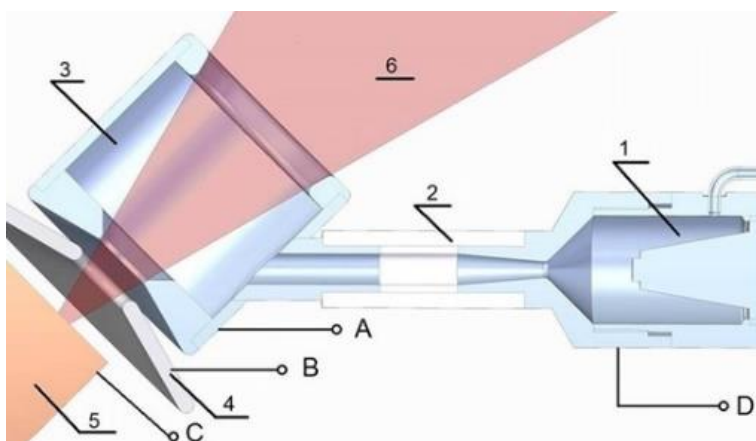
Klíčová slova: IJD, rentgenová difrakce, tenké vrstvy

1 Úvod

Tenké vrstvy jsou obor, který se v poslední době dynamicky rozvíjí. Spojením dvou materiálů využíváme různé vlastnosti. Například spojením kujného kovu a tvrdé keramiky lze vyrobit netupící se skalpel. K nanášení tenkých vrstev existuje velké množství přístrojů. Námí použitý přístroj využíval depoziční techniku Ionized Jet Deposition. Zařízení pracuje s pulzním proudem elektronů. V tomto článku se budeme zabývat analýzou nanášení hliníku na nerezovou ocel (AISI 304). Snažili jsme se lépe porozumět nanášení hliníku, aby se v dalším výzkumu dařilo nanést Al_2O_3 .

2 Teorie

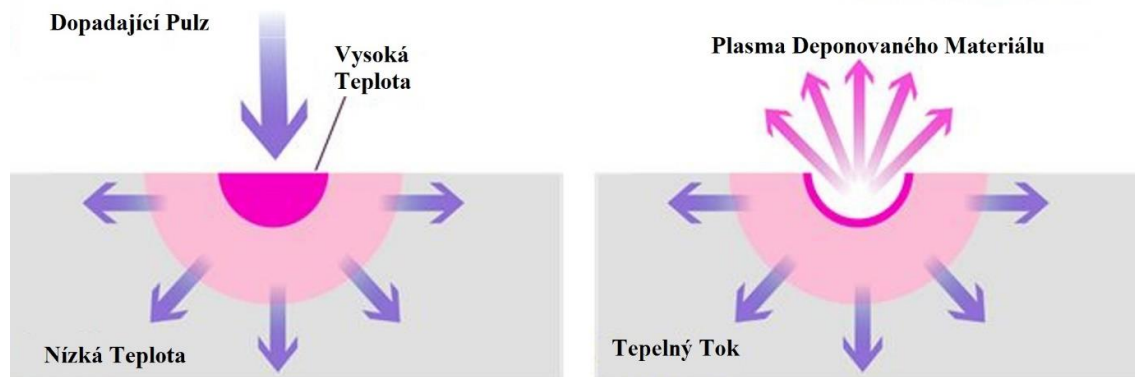
IJD – Ionized Jet Deposition



Obrázek 1 - hlavice IJD [1]

Na obrázku 1 je schéma, pomocí kterého bude popsán vznik proudu pulzních elektronů. Písmeny (A, B, C, D) jsou označena jednotlivá zemění. Katoda (1) vytváří ionizovaný plyn. Plyn je následně hnán skrz De Lavalovu trysku, umístěnou před mechanickou podporou (2). Tryska urychlí proud ionizovaného plynu. Urychlení je založeno na principu Bernoulliho rovnice. Plyn se dostane do duté katody (3), kde dochází k lavinovité ionizaci plynu. Jakmile je elektronů dostatek, prorazí potenciálovou bariéru ve spodní části katody a jsou urychleny

směrem k terčíku. Tento jev se nazývá „efekt duté katody“ (v literatuře hledejte radši „hollow cathode effect“). Díl (4) je používán k nanášení nevodivých látek a je tvořen další elektrodou.



Obrázek 2 – ablace [2]

Na povrchu terčíku dochází k ablaci způsobenou dopadajícím proudem elektronů (5). Tento jev je popsán v obrázku 2. Vytvoří se kužel plazmatu (6) procházející zpět skrz dutou katodu směrem k substrátu.

Na obrázku 2 je blíže popsán proces ablace. Ablace je důsledek ostřelení proudem ionizovaných elektronů. Při ablaci se vytvoří teplo a plazma deponovaného materiálu. Ostřelení nezpůsobí vytvoření půlkulovité výdutě. Stopa po proudu elektronů má spíše tvar hrušky, důsledek může být uvolnění clusterů.

Rentgenová difrakce

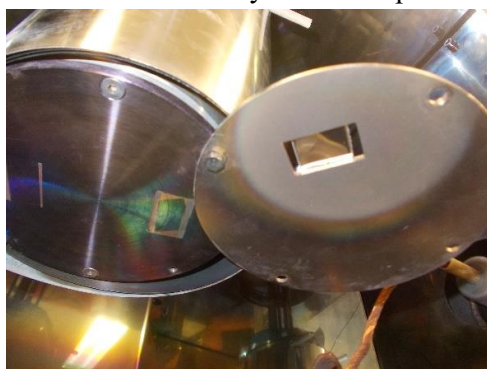
Pomocí rentgenové difrakce lze určit, které látky, v jakém uspořádání jsou přítomné v námi dodaném materiálu a jaká je maximální tloušťka nanosené vrstvy. Používá monochromatické rentgenové záření, které difraktuje při průchodu vzorkem. Difraktované záření následně v určitých směrech konstruktivně interferuje při přítomnosti krystalů a v některých směrech se vyruší. Jsme schopni změřit úhel difraktovaného záření a pomocí Braggovy rovnice dopočítat vzdálenosti atomů.

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

3 Postup

Nejprve bylo nutné očistit substrát, v tomto případě nerezovou ocel AISI 304, acetonem. Očištěný substrát byl umístěn do držáku (obr 3.) ve vzdálenosti 12,5 cm od hliníkového terčíku a přišroubován. Vakuová komora byla uzavřena elektromagnety po obvodu a postupně v ní byl snižován tlak dvěma pumpami, z počátku olejovou a od tlaku 10^{-2} mbar turbomolekulární. Komora byla nejprve vypumpována do tlaku $8 \cdot 10^{-5}$ mbar, aby byla vyčištěna. Pracovní plyn, argon, byl postupně vpouštěn dovnitř až do dosažení pracovního tlaku $8 \cdot 10^{-4}$ mbar. Jako parametry pulzů bylo zvoleno napětí 22kV a frekvence 10 Hz, terčík byl ostřelován 20 min.

Prvotní analýza byla provedena běžným optickým mikroskopem značky Reichert s objektivem 10/020 připojeným na CCD kameru. Dále byl substrát přenesen do laboratoře strukturní



Obrázek 3 - vložení do držáku

rentgenografie, kde byl změřen v difraktometru Xⁱpert využívající geometrické uspořádání Bragg-Brentano za pomoci kobaltové RTG lampy $\lambda = 0,179026$ nm pod úhlem dopadu 2° .

Vzdálenost substrát-terčik	12,5 cm
Vzdálenost hlava-terčik	4 mm
Pracovní plyn	Argon
Napětí	22 kV
Frekvence	10 Hz
Doba nanášení	20 min
Nanášený materiál	Hliník (Al)
Materiál substrátu	Nerezová ocel AISI 304

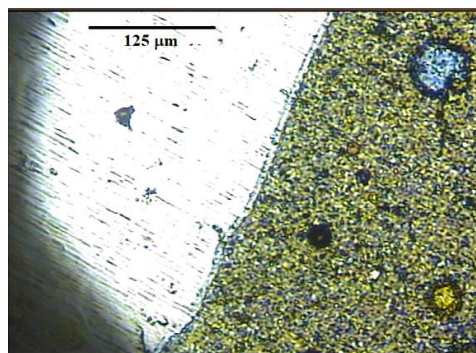
Tabulka 1- parametry nanášení vzorku

4 Diskuze a výsledky

Na vyjmutém substrátu bylo možné na první pohled rozeznat, že nanášení hliníkové vrstvy bylo úspěšné. Po celé části povrchu, která nebyla v průběhu nanášení zakrytá, se táhla lesklá, tmavá vrstva posetá světlými zrnky (obr 4). Pod optickým mikroskopem bylo možné pozorovat místa mezer v hliníkové vrstvě, kde prosvítal povrch oceli, velké clustery, vzniklé odtrháváním větších částic z terče, rozhraní ocele a naneseného hliníku, i drobné nečistoty, které se nepodařilo smýt (obr 5.). Na difraktometru se ukázalo, že nanesená vrstva hliníku má krystalickou strukturu, protože byly naměřeny danému prvku odpovídající píky, zatímco u amorfni látky by došlo pouze ke zvýšení pozadí. Podle velikosti naměřených píků od substrátu

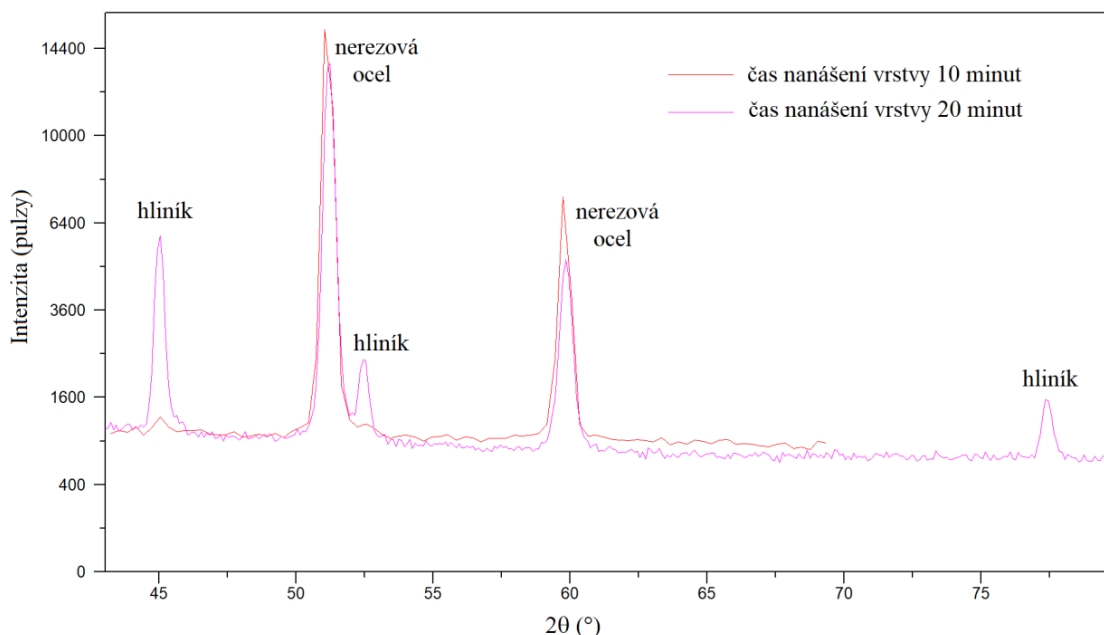


Obrázek 4 - nanesená vrstva



Obrázek 5 - rozhraní hliník ocel, clustery

je nanesená vrstva pravděpodobně tenčí, než 1,8 mikrometru, ale zároveň tlustší, než 0,2 mikrometru, jelikož byla měřitelná difraktometrem, což zvláště pro lehké prvky, mezi které hliník patří, vyžaduje určitou minimální tloušťku.



Obrázek 6 – výsledky z analýzy rentgenovou difrakcí

5 Závěr

Technologií IJD se podařilo nanést tenkou vrstvu hliníku na povrch nerezové oceli AISI 304 a za pomoci difraktometru přibližně odhadnout její tloušťku. Vrstva měla krystalickou strukturu. Pod optickým mikroskopem byly jasně vidět clustery i rozhraní s původním substrátem. Vytvořená vrstva pomohla lépe porozumět nanášení hliníku a v budoucnu pomůže při nanášení Al_2O_3 .

6 Poděkování

Děkujeme vedoucímu našeho miniprojektu Jakubu Skočdopolovi, který s námi celý experiment provedl, ukázal nám svoje vědecké pracoviště. Následně i Jakubu Němečkovi, který s námi analyzoval vzorek pomocí rentgenové difrakce. V neposlední řadě bychom chtěli vyjádřit dík organizátorům celé akce TV@J.

7 Reference

[1] J. Skočdopole, Studium naprašování velmi tvrdých tenkých vrstev metodou IJD na podložky z legovaných ocelí s přihlédnutím k aplikacím ve zdravotnictví, Praha, diplomová práce, 2017, ČVUT v Praze

Jaderný reaktor typu VVER 440

T. Matoušek, M. Stehlík

ČVUT v Praze, V Holešovičkách 747/2

74tomm74@seznam.cz, stehlik.milan01@gmail.com

Abstrakt:

Tento článek pojednává o vzniku elektrické energie pomocí štěpení jader izotopu uranu 235 v jaderných elektrárnách, konkrétně s typem reaktoru VVER 440 (Dukovany). Věnuje se nejprve principu samotného jaderného štěpení řetězovou reakcí, následně uspořádání prvků v sekundárním okruhu, kde dochází k výměně energie mezi vodou a turbínou, která roztáčí rotor synchronního generátoru. Dále je zde popsána simulace reálného provozu pomocí výukového programu „EDU-sestava“. Lze na něm simulovat jak běžný provoz například při odstávce (rozběh a pokles výkonu), tak od malých havárií jako je výpadek turbogenerátoru až po úplnou ztrátu napájení bloku vlastní spotřeby.

1. Úvod

Nikdo z nás si v dnešní době už asi nedokáže představit život bez elektrické energie. Potřebujeme ji nejen k nabíjení nejrůznějších zařízení, ale i pro záchranu životů v nemocnicích. Celý svět ji každý den využívá možná více, než je třeba. Ale kde a jak ji vyrobit? Máme spoustu možností jak to udělat. Počínaje točením kliky přes využití energie větru a vody až ke spalování nejrůznějších materiálů. Nejrozšířenějším typem elektráren jsou tepelné, jež fungují na stejném principu. Ohřátá pára proudí ze zdroje tepla na turbínu, kde pomocí své energie roztáčí generátor, jež vyrábí elektřinu. Různé typy elektráren se liší pouze zdrojem tepla. Máme kotle uhlí, nafty a biomasy. Nejefektivnější je však jaderná elektrárna zpracovávající uran. Jeho jádra totiž obsahují navzdory malým rozměrům obrovskou energii. Jak ji z něj dostat? Základem je štěpení těžkých jader uranu 235 neutrony. Na tomto fyzikálním jevu je závislá třetina odběratelů elektřiny v České Republice.

2. Jaderná elektrárna

má několik typů, konkrétně my se budeme zabývat typem VVER 440. Ten má tři základní okruhy, primární (je v něm reaktor a dochází zde k předání energie uvolněné štěpením vodě), sekundární (horká voda se mění na páru a předává energii lopatkám turbíny, která roztáčí rotor generátoru) a terciální (chladí teplou vodu v chladících věžích).

3. Primární okruh:

3.1.1. Jeho základem je samotný reaktor typu VVER 440, kde dochází k jaderným reakcím. Jádro izotopu uranu 235 je rozštěpeno na dva odštěpky s menším nukleonovým číslem, které odlétají z místa štěpení s velkou kinetickou energií a zpravidla 2-3 další neutrony. Odštěpky srážkami s částicemi prostředí ztrácí svoji energii a vytváří teplo. Je však nutno pro kontinuální provoz štěpnou řetězovou reakci udržovat se stálým počtem neutronů. Štěpení nejlépe vyvolávají pomalé neutrony a neboť nově vzniklé mají příliš velkou rychlost, je potřeba je brzdit. Jako moderátor (zpomalovač) se používá lehká demineralizovaná voda, která zároveň slouží jako chladivo a odvádí teplo do parogenerátoru (sekundárního okruhu). Další součástí aktivní zóny jsou absorbatory, které pohlcují přebytečné neutrony a štěpnou řetězovou reakci řídí .

4. Sekundární okruh:

4.1. Popis začíná v parogenerátoru, kde se voda o teplotě kolem 257°C a tlaku 4,5 MPa mění na páru. Ta je pak parovody vedena na vysokotlaký díl turbíny hřídeli spojené s generátorem, kde předá část své energie. Dále pokračuje do separátorů („sušička“ páry) a do nízkotlakých dílů turbíny. Po expanzi následují kondenzátory (pára zkondenzuje na vodu) a nízkotlaká a vysokotlaká regenerace (ohřev vody na požadovanou hodnotu, aby se mohla vrátit zpátky na parní generátor). Pro odvod kondenzačního tepla slouží chladicí terciální okruh zahrnující vysoké chladicí věže, které toto teplo odvádí do okolí.

5. Jak lze elektrárnu řídit?

5.1. Hlavním centrem řízení je tzv. „bloková dozorna“, odkud lze sledovat celý proces výroby elektřiny a hlavně jej regulovat. Samotné řízení je velmi složité, neboť je třeba sledovat velké množství parametrů a veličin zároveň a upravovat je tak, aby byl provoz co nejefektivnější, nejbezpečnější a nejekonomičtější. Principem řízení celého bloku je bilance energií vznikající v reaktoru a odvodu energie v turbogenerátoru. Operátor primárního okruhu má možnost měnit např. tepelný výkon reaktoru, který je úměrný štěpení, pomocí absorbatů (regulační kazety). Operátor sekundárního okruhu se stará o turbínu, generátor a hlídá např. vhodné tlakové zatížení různých částí okruhu. Elektrický výkon je pak dán průtokem páry na turbínu

6. Reaktor VVER 440

6.1. Parametry a obecný popis:

Tepelný výkon	1375 MW
Moderátor	destilovaná voda
Chladivo	destilovaná voda
Střední teplota na výstupu z akt. zóny	295±2 °C
Ohřev vody o	28±1 °C

Tlak chladiva na výstupu z akt. zóny	12,26 MPa
Tlak chladiva v reaktoru	13,7 MPa
Rozsah regulace	0÷105%
Nominální průtok vody	9,24 m ³ s ⁻¹
Nominální hladina vody kompenzátoru objemu (vyrovnávač tlaku v reaktoru)	573 cm
Nominální tlak kompenzátoru objemu	12,22 MPa
Elektrický výkon turbogenerátorů	2x218 MWe
Nominální tlak v hlavním parním kolektoru	4,48 MPa

Zdroj: Základy teorie a stavby jaderných reaktorů; Prof. Ing. František Dubšek, DrSc.;1989

7. Simulované úlohy a měření

7.1. Běžné stavy

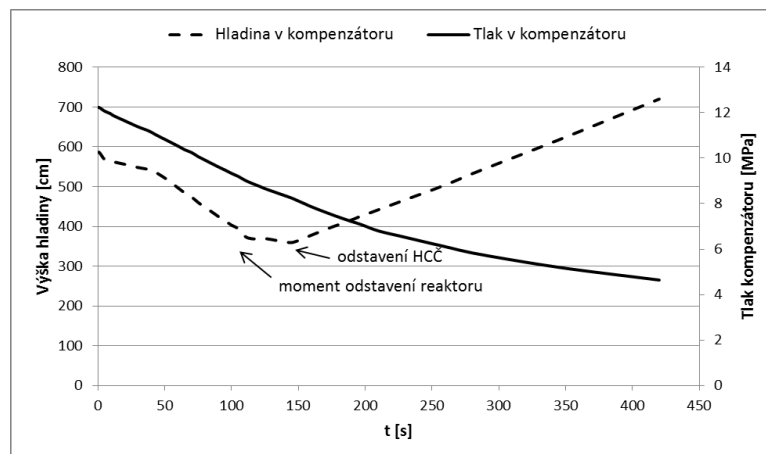
- 7.1.1. Změna výkonu v TVER v režimu „p“ (I.O. ovlivňuje II.O.) a RCS v režimu „T“ (II.O. ovlivňuje I.O.)

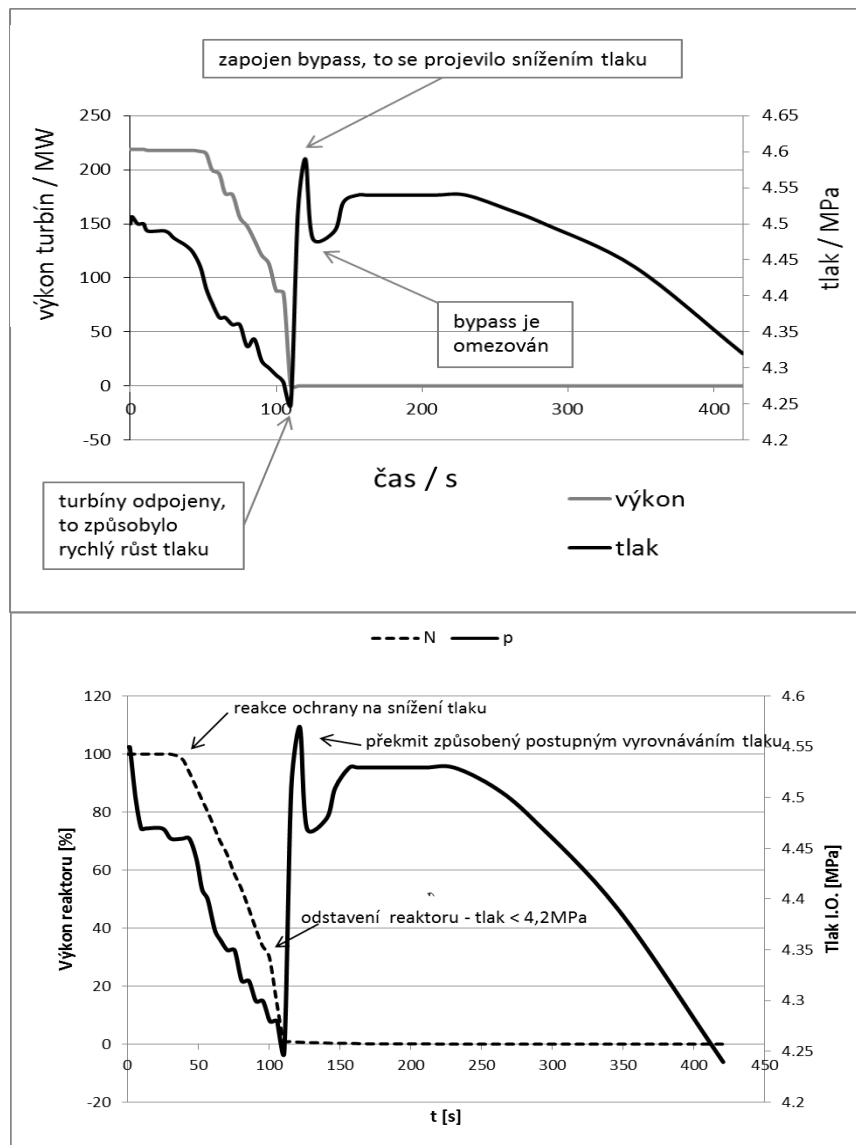
7.2. Havarijní stavy

- 7.2.1. Výpadek turbogenerátorů
 7.2.2. Způsobení havarijní ochrany nejvyššího stupně
 7.2.3. Výpadky hlavních cirkulačních čerpadel
 7.2.4. Únik z hlavního parního kolektoru
 7.2.5. Zregulování provozu na vlastní spotřebu

7.3. Únik z kompenzátoru objemu

- 7.3.1. Tato simulace je obdobou havárie, která se stala 28.3.1979 v USA na elektrárně Three Mile Island. Stejně jako u havárie při simulaci začne unikat voda z kompenzátoru objemu. To má za následek hlášení chyby v dodávce vody do parogenerátoru a rapidnímu poklesu nejen hladiny v kompenzátoru ale také tlaku. Správná reakce na tuto situaci je aktivace rezervních napájecích čerpadel, která se snaží udržovat nominální parametry. Pokud stále únik trvá, začne se zavírat ventil odpouštění, aby pomohl vyrovnat tlak. Při nedostatku tlaku (viz graf) se aktivují havarijní ochrany a reaktor je postupně odstaven. To má samozřejmě vliv i na turbogenerátor, který taktéž ztrácí výkon. V důsledku toho se zvyšuje teplota a tlak v reaktoru a proti začne působit ochrana přepouštěním páry rovnou do kondenzátoru (bypass). Snižováním tlaku se však v reaktoru vytvoří parovodní směs, jenž přes havarijní systémy a hlášení odstaví hlavní cirkulační čerpadla. Hladina kompenzátoru se opět zvyšuje, je však bez potřebného tlaku a po určitém čase se vrátí na nominál.





8. Závěr

8.1. Řízení jaderné elektrárny je velmi náročné, a to hlavně na psychiku, neboť je třeba pořád dávat pozor na sebenepatrnější změnu parametrů. Měli jsme možnost vyzkoušet si simulaci skutečného provozu jaderné elektrárny například v Dukovanech. Cílem měření bylo sledovat parametry, zaznamenávat jejich hodnoty a pozorovat souvislosti různých systémů v závislosti na změnách hodnot.

Poděkování

Ing. Dušan Kobyłka, Ph.D.

3. Stanovení rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1

M. Fürst

R. Griessl

P. Vozábová

Pracoviště: Školní reaktor VR-1, V Holešovičkách 747/2 Praha

e-mail: petrvozabova@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem měření bylo stanovit rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1. Měření jsme prováděli pomocí plynové sondy, kterou jsme vložili do kanálu ke dnu reaktoru. Sondy jsme vytahovali po 5 centimetrech a na dané pozici jsme prováděli měření v intervalu 50 sekund. Naměřené hodnoty se shodují s teorií.

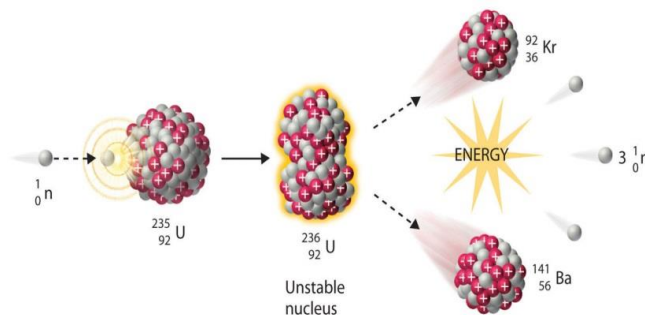
1 Úvod

V aktivní zóně jaderného reaktoru není rozložen výkon rovnoměrně. V různých částech se výkon může razantně lišit. Výkon souvisí s hustotou toku neutronů v daném místě. Měříme tento tok, abychom zjistili výkon na daném místě. Výkon v různých místech reaktoru, je důležité znát z důvodu bezpečnosti provozu jaderného reaktoru.

2 Teorie

Princip štěpení

Těžká jádra jsou schopna se štěpit na další prvky. U tohoto děje jsou uvolňovány neutrony (2-3 rychlé n) a doprovodné záření. A uvolní se energie. Neutron, který narazí do jádra prvku, to se rozkmitá a rozpadne se na dvě nestejně velké části (viz. obrázek 1)



Obrázek 1: Štěpná reakce uranu Zdroj: [1]

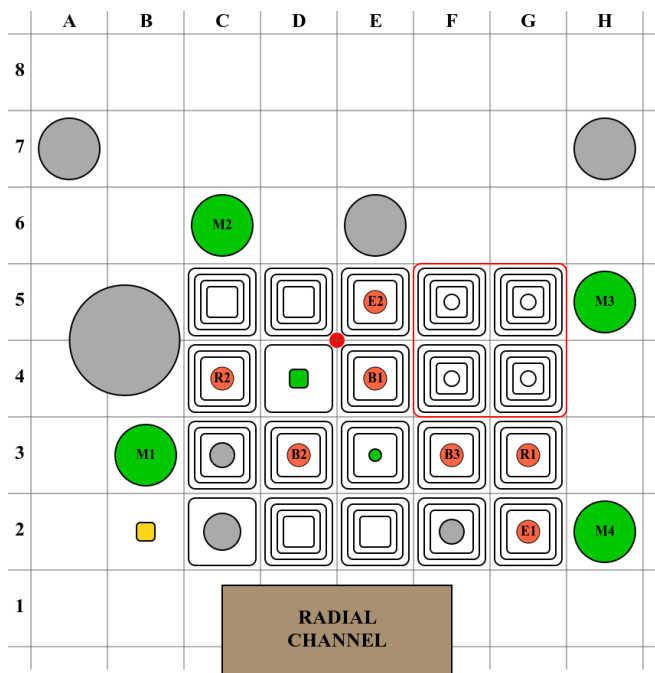
Princip jaderného reaktoru

Štěpná řetězová reakce probíhá v jaderných reaktorech. Aktivní zóna je v reaktorové nádobě. Uvnitř je moderátor, který zpomaluje neutrony. Jako nejčastější moderátor se používá voda, ale někdy se využije vlastností těžké vody či grafitu. Záleží na typu reaktoru. Dále jsou zde přítomny regulační tyče, které vychytávají neutrony. Postupně se s nimi pohybuje a tím se reguluje výkon. Dalšími tyčemi jsou tyče bezpečnostní, které jsou normálně vytaženy. Při odstavení reaktoru spadnou svou vlastní vahou dovnitř a pochyťují neutrony. Na oba dva druhy tyčí se používá bor či kadmium. Palivo je ve formě palivových souborů v aktivní zóně.

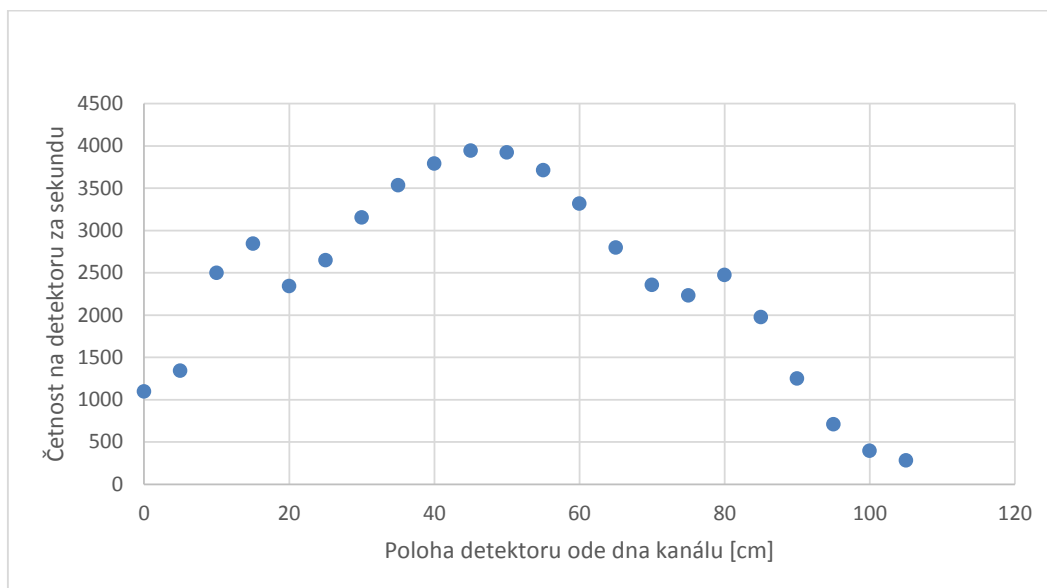
Hustota toků neutronů závisí na poloze. Nejvyšší je ve středu aktivní zóny. A nejnižší je na krajích. Z teorie vyplývá, že je to způsobeno vzdáleností od středu reaktoru. Ve středu aktivní zóny je uvolňováno nejvíce neutronů a ty moc neunikají do okrajů. Výkon závisí na počtu uvolněných neutronů. Naší motivací bylo zjištění tohoto jevu a pozorování výkyvů výkonu v aktivní zóně

3 Měření a výsledky

Hodnoty byly naměřeny na reaktoru VR-1 detektorem SN-M-13. Při měření měl reaktor výkon 2E04 a měření bylo prováděno v kanálu C3 (viz. Obrázek 2) s palivem. Detektor byl dán na dno kanálu a postupně byl vytahován nahoru. Po každých 5 centimetrech byly zaznamenány hodnoty. Data byla sbírána po dobu 50 vteřin a výsledná hodnota byla zprůměrována na 1 sekundu. Tím byla vyhodnocena hustota toku neutronů za jednu sekundu v daném místě.

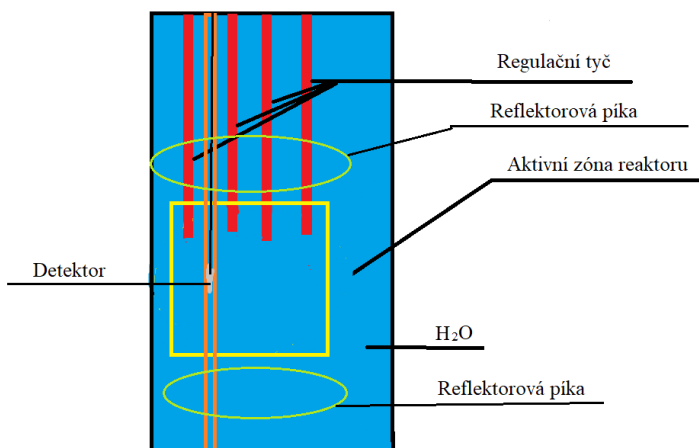


Obrázek 2: Schéma aktivní zóny VR-1



Graf 1: Hustota toku neutronů za čas

Zjistili jsme, že četnost srážek je nejvyšší ve středu aktivní zóny a mimo střed klesá v závislosti na vzdálenosti až do konce aktivní zóny. Za koncem aktivní zóny dojde k opětovnému nárůstu hustoty toku neutronů. Dále hustota toku neutronů klesá. Hodnoty vycházejí přibližně symetricky podle osy procházející středem. Mírná nesymetričnost je mezi horní a dolní částí aktivní zóny. Hodnoty naměřené v horní části jsou mírně nižší. Je to způsobeno přítomností regulačních tyčí, které snižují hustotu toku neutronů. (viz. graf 1)



Obrázek 3: Schéma aktivní zóny

Největší hustota toku neutronů je soustředěna ve středu aktivní zóny, protože na krajích zóny je největší únik. Zvýšení počtu srážek na konci aktivní zóny je způsobeno tím, že mimo aktivní zónu se nenachází uran 238, který pohlcuje neutrony. Postupné klesání hustoty toku neutronů je způsobeno tím, že se neutrony volně rozptylují ve vodě a zároveň roste vzdálenost od středu zóny. Výše od středu aktivní zóny jsou hodnoty menší, než níže od středu, v důsledku přítomnosti regulačních tyčí.

4 Závěr

Naměřili jsme hustotu toku neutronů. V závislosti na poloze v aktivní zóně. Potvrdili jsme, že v reaktoru je výkon rozložen nerovnoměrně. Nejvyšší výkon je ve středu aktivní zóny, směrem od středu klesá, na konci aktivní zóny opět stoupne a dále klesá. Hodnoty jsou v souladu s teorií.

Případné chyby měření mohou být způsobeny těmito faktory: chyba v posunutí detektoru, omezená přesnost detektoru, mrtvá doba detektoru, diskriminace gama záření.

5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizátorům Týdnu vědy na Jaderce, kteří nám umožnili na tomto projektu pracovat. Dále bychom poděkovali vedoucímu miniprojektu Ondřeji Novákovi, který nás uvedl do reaktorové problematiky.

Reference:

[1] Neutron-Induced Nuclear Fission. In: *Chemistry Libretext* [online]. Libretexts: Libretexts, 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z:
https://files.mtstatic.com/site_4334/16111/0/webview?Expires=1529412457&Signature=WwovsfTVfDHIvM-lEVLjDgwfYKqXzPV1r6x2ctXSiRRqEd~yh2TB8H6ee17-4tGZVb8g~ZKUnOsk23GHohmzGljrXqoXj5gCXJCeM7WR2qTb6oJW7cg3X2tPLmiStbpa7Vqt-HI~2S616q-9DSmBjRePE-l8VcAkPKqrJgRZA_&Key-Pair-Id=APKAJ5Y6AV4GI7A555NA

Pozorování objektů s rozlišením 1/100 000 tloušťky vlasu

M. Horáková, gymnázium Nad Kavalírkou
- miri.horalkova@seznam.cz

F. Směták, gymnázium Nad Alejí
- fanda@imrvere.cz

J. Gebhart, VOŠ a SPŠ elektrotechnická, Plzeň
- jangebjan@gmail.com

Abstrakt:

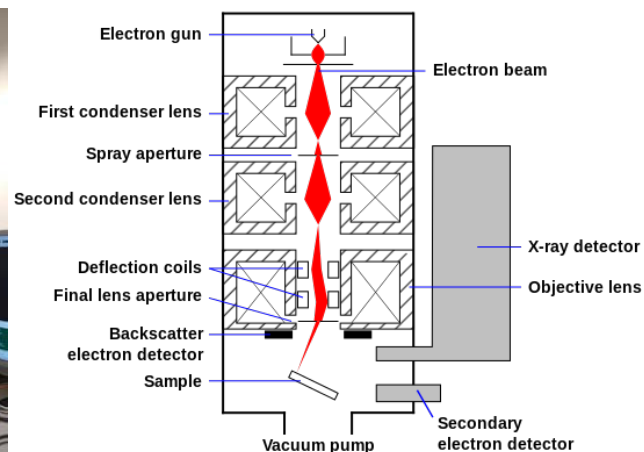
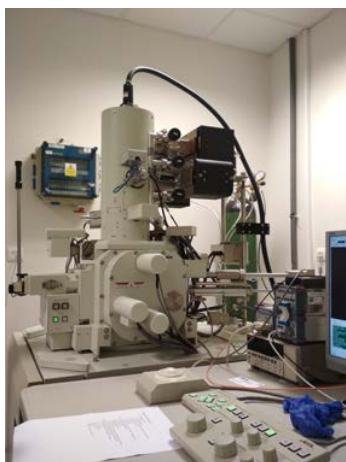
Připravili jsme organické i anorganické vzorky, které jsme pozorovali pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Následně jsme provedli základní charakterizaci snímků.

Úvod

V tomto miniprojektu jsme se seznámili s problematikou pozorování objektů pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, který využívá k zobrazení elektrony místo fotonů. Díky tomu můžeme pozorovat i objekty menší, než je vlnová délka viditelného světla. Proto na elektronovém mikroskopu nemůžeme zjistit barvu objektu, ale pouze topografii (vzdálenost a struktura povrchu). Zajímalo nás, jaké to je pozorovat různé objekty s takovým zvětšením a rozlišením.

1. Pomůcky

- Rastrovací elektronový mikroskop vpravo schéma [1]:



- Křemíkové destičky se vzorky nanočástic zlata různých velikostí a tvarů:



- Nástavec se vzorky motýlích šupin na elektricky vodivé pásce:



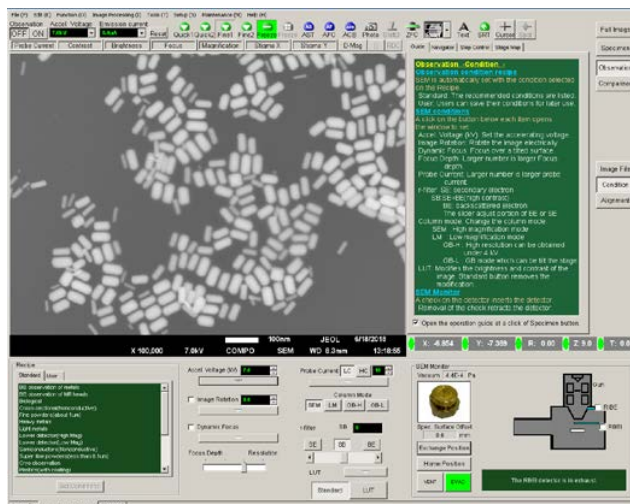
2. Postup:

- **Příprava roztoku:**

Koloidní disperzi zlatých nanočástic jsme naředili ultra-čistou vodou v poměru 1:100 a nechali jsme zaschnout 4 μl této směsi na sterilní křemíkové destičce. Následně jsme tuto destičku vložili do přechodové komory elektronového mikroskopu a po vyčerpání vzduchu vložili do pozorovací komory mikroskopu.

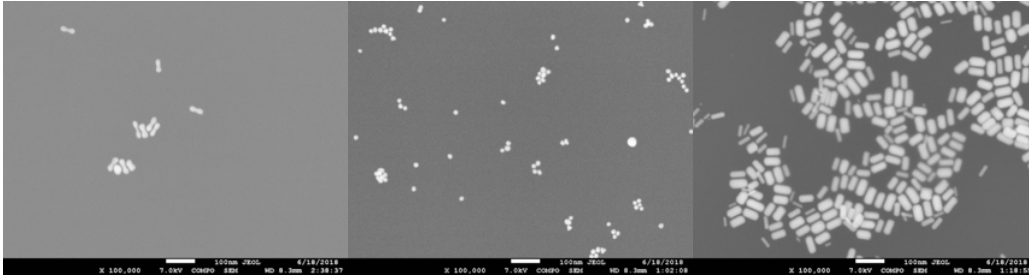
- **Nastavení parametrů mikroskopu:**

Před vložením vzorku do mikroskopu je dobré si vzorek vyfotit z důvodu lepší orientace. Nejprve jsme si pomocí posunu nastavili do zorného pole nějakou výraznější strukturu, podle které jsme zaostřili svazek. V režimu rychlého skenování jsme si našli a znovu zaostřili předmět pozorování. Poté jsme zpomalili skenování kvůli potlačení šumu. Některé vzorky se nabíjely, a proto jsme nemohli zpomalit skenování a šum jsme odstranili průměrováním vícero snímků. Ovládací obrazovka mikroskopu je zobrazena níže.

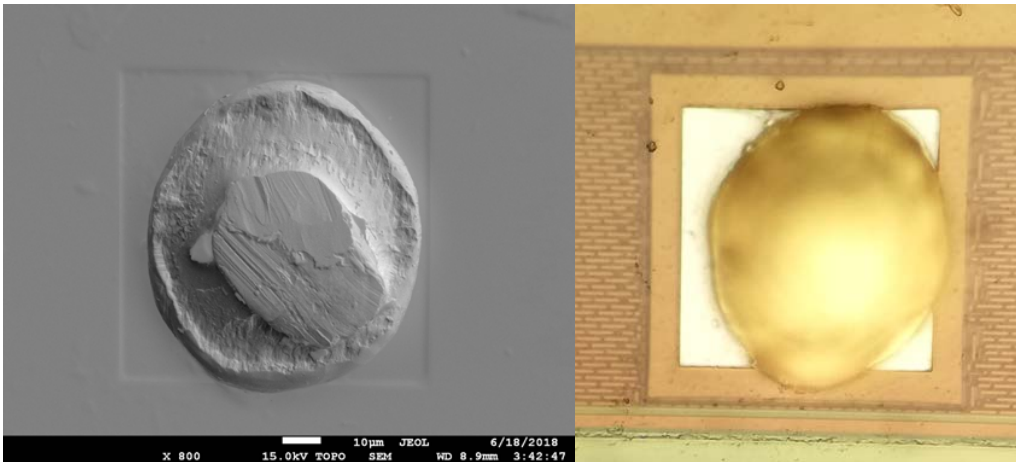


3. Výsledky

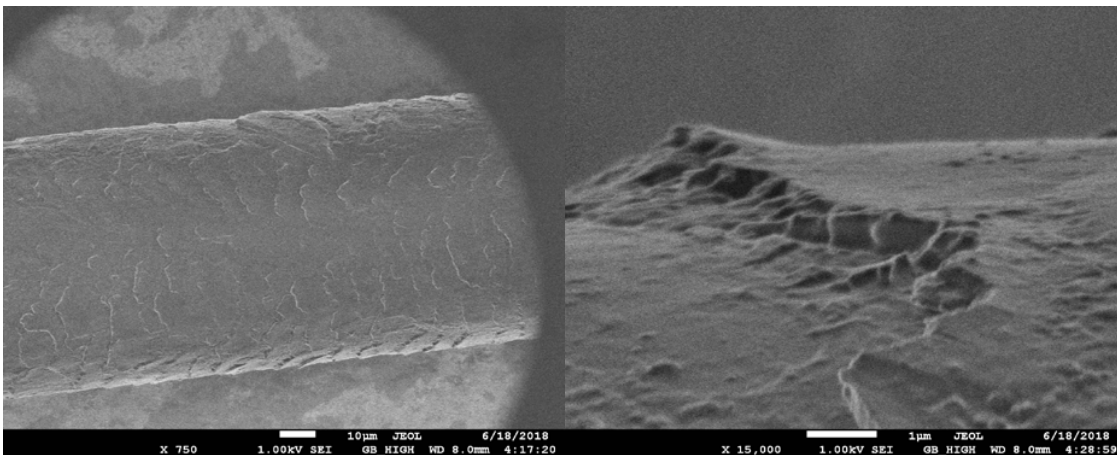
- Zlaté nanočástice 100 000x (činky, kuličky a tyčinky):



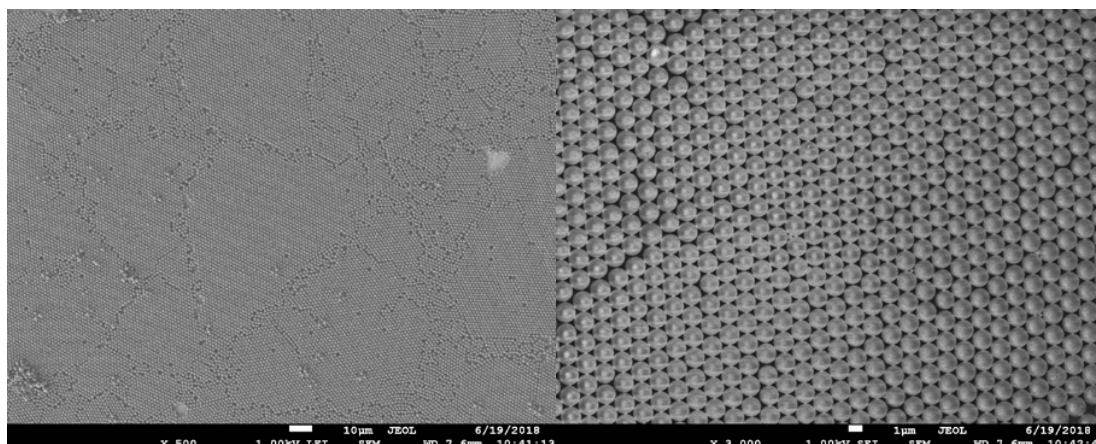
- Kontakt mikročipu (porovnání s optickým mikroskopem):



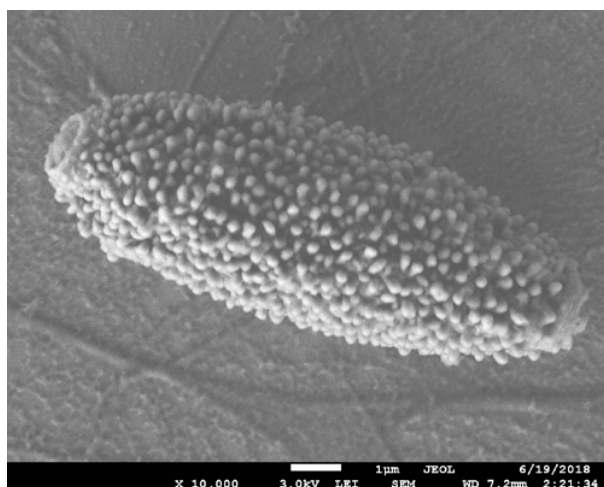
- Lidský vlas



- Polystyrenové kuličky 1500 μm :



- Něco, co jsme našli v krvi:



Shrnutí

Seznámili jsme s obsluhou elektronového mikroskopu a přípravou vzorků. A zjistili jsme, že rastrovacím elektronovým mikroskopu je možné pozorovat výhradně povrch nejružnějších objektů.

Poděkování

Děkujeme našemu vedoucímu projektu Filipu Havlovi a organizátorům TV@J.

Reference:

[1] [EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FILE:SCHEMA_MEB_\(EN\).SVG](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Schema_MEB_(EN).svg)

Postavte si laserový zaměřovač

M. Číhala¹, F. Chocholatý², J. Kukla³, V. Urban⁴

¹Wichterlovo gymnázium Ostrava-Poruba,

²Gymnázium Brno-Řečkovice,

³Gymnázium Františka Martina Pelcla Rychnov nad Kněžnou,

⁴Gymnázium Jaroslava Heyrovského Praha

f.chocholaty@seznam.cz

19. června 2018

Abstrakt

Cílem tohoto miniprojektu bylo postavit a testovat diodově čerpaný pevnolátkový laserový zaměřovač o vlnové délce $1,53 \mu\text{m}$. Po postavení a vyladění celé optické soustavy byl měřen výstupní výkon laseru, spektrum a s pomocí kyvet testována bezpečnost výstupního záření k lidskému oku. Z výkonů byla následně spočítána diferenční účinnost laseru.

1 Úvod

Téma našeho miniprojektu spadá do fyziky pevných látek a kvantové optiky. LASER (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation) je zařízení, generující monochromatické koherentní záření s velkým jasnem a malou divergencí, založené na jevech kvantové mechaniky - absorpce, emise a stimulovaná emise. [1-3] Laser se skládá ze čtyř částí: rezonátoru, aktivního prostředí, čerpání a chlazení. Aktivní prostředí může být pevné, kapalné, plynné nebo plazma. V případě našeho miniprojektu jsme použili pevné aktivní prostředí, konkrétně Er:Sklo. [1, 3]

2 Pomůcky

Zdroj laserové diody LDD50, čerpací laserová dioda LIMO970, He-Ne laser, fokusující optika, zrcadla rezonátoru, aktivní prostředí Er:Sklo, vláknový spektrometr NIR512 (800-1700 nm), výkonová sonda Coherent PS19Q a PM3, wattmetr Molectron EMP2000, CCD kamera, IR viewer, osciloskop Tektronix TDS3052B, clonka, PIN FGA10 fotodiody (In-GaAs), sada filtrů.

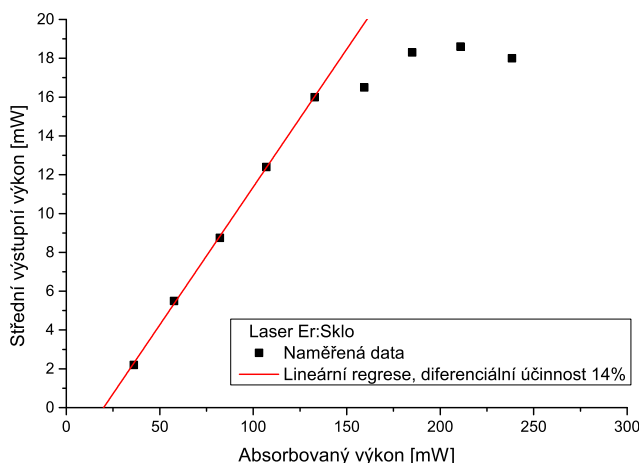
3 Postup měření

S pomocí He-Ne laseru byly jednotlivé optické prvky rezonátoru postupně vyrovnávány tak, aby ležely v jedné rovině. Po celou dobu vyrovnávání byla z bezpečnostních důvodů čerpací dioda vypnuta. Pro otestování funkčnosti sestaveného laseru jsme zapnuli čerpání a s pomocí fotodiody (FGA10) umístěné za výstupním zrcadlem, připojené k osciloskopu Tektronix jsme detekovali signál z laseru. Změnou náklonu výstupního zrcadla jsme doladili laserový rezonátor. Vyrovnáváním prvků optické soustavy bylo docíleno signálu při významně nižším proudu než na začátku.

Zprvu jsme měřili výstupní výkon sestaveného laseru při zvyšujícím se čerpacím výkonu. Následně jsme měřili výkon před a za aktivním prostředím, z čehož jsme vypočítali výkon absorbovaný v aktivním prostředí. Toto měření probíhalo za účelem vykreslení výstupní závislosti. Pro stanovení emitované vlnové délky byl použit spektrometr NIR512. Pomocí CCD kamery WinCam, umístěné za výstupní zrcadlem laseru byl zaznamenán profil svazku. Pro otestování bezpečnosti laserového záření o vlnové délce 1532 nm byly za výstupní zrcadlo postupně umísťovány kyvety o různých rozměrech naplněné vodou.

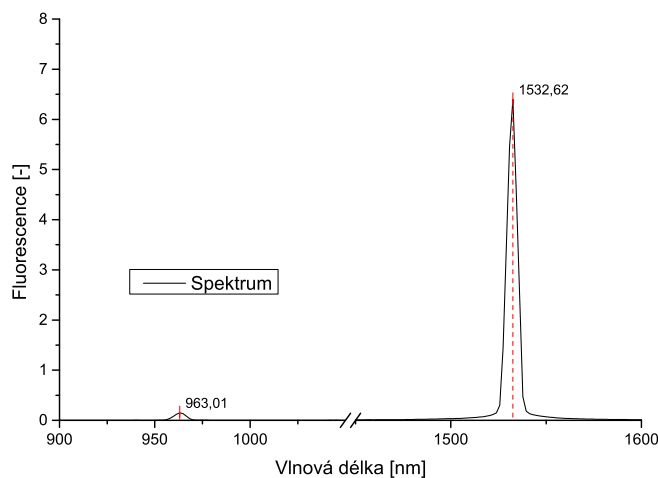
4 Výsledky a diskuze

Podarilo se nám zprovoznit laserový systém, který generoval vlnovou délku 1,53 μm . Z Obr. 1 je možné vidět, že střední výstupní výkon roste lineárně s absorbovaným výkonem po překonání prahového výkonu. Absence aktivního chlazení vzorku způsobila větší tepelné zatížení, což vedlo ke kolísání středního výstupního výkonu.

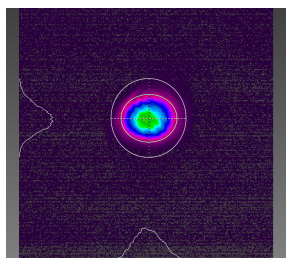


Obr. 1: Výstupní charakteristika laseru. Závislost výstupního na absorbovaném výkonu.

Obr. 2 ukazuje dva vrcholy křivky, z nichž první znázorňuje hodnotu vlnové délky čerpací diody a druhý hodnotu vlnové délky námi sestaveného laseru. Na Obr. 3 jde vidět profil laserového svazku, který byl generován námi zkonstruovaným laserem. Za pomoci kyvety naplněné vodou jsme zjistili, že při maximálním výstupním výkonu laseru nebyl za kyvetou měřitelný žádný výkon. Signál laserového záření za kyvetou bylo možné detekovat pouze citlivou fotodiódou připojenou k osciloskopu. Z toho plyne, že za těchto podmínek není laser pro lidské oko nebezpečný.



Obr. 2: Závislost fluorescence na vlnové délce.



Obr. 3: Profil laserového svazku

5 Závěr

Seznámili jsme se s principy laseru a bezpečnosti práce s lasery, sestavili laserový systém generující vlnovou délku $1,53 \mu\text{m}$. Testovali jsme bezpečnost laserového záření na kytetách naplněných vodou, které simulovali lidské oko. Potvrdili jsme si, že laserové systémy využívající tuto vlnovou délku jsou bezpečné pro lidské oko. Všechny stanovené cíle miniprojektu byly splněny.

Reference

- [1] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, Springer Science+Business Media, 2006, ISBN 0-387-29338-8.
- [2] R. Paschotta, *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, Wiley-VCH, 2008, ISBN 978-3-527-40828-3.
- [3] C. M. Teich and B.E.A. Saleh, *Základy fotoniky*, Wiley-interscience Publication, 1991, ISBN 0-471-83965-5.

Pozorování normálního Zeemanova jevu

Kristýna Haismanová¹, Oliver Pospíšil²
Gymnázium Václava Beneše Třebízského, Slaný¹
Gymnázium PRIGO, Ostrava²
tyna.haiso@seznam.cz¹, oliver.pospisil44@gmail.com²

Abstrakt:

V posledních zhruba 150 letech se ne jeden významný vědec zasadil o bližší prozkoumání struktury atomu. K našemu současnému poznání přispěl v roce 1896 také Pieter Zeeman. Naším cílem bylo zopakovat pokus, za který mu v roce byla 1902 udělena Nobelova cena. Pomocí Fabry-Pérotova etalonu jsme pozorovali rozštěpení energetických hladin atomu v magnetickém poli neboli Zeemanův jev. Naměřili jsme vzdálenosti jednotlivých rozštěpených hladin a následně ze zjištěných hodnot vypočítali přibližnou hodnotu Bohrova magnetonu. Seznámili jsme se tak s jednou ze základních konstant udávajících vlastnosti vesmíru jako takového.

1 Úvod

Jedním z nástrojů poskytujících hlubší vhled do stavby atomu je spektroskopie. Zabývá se měřením energetických přechodů v atomech, z nichž můžeme zjistit jejich vlastnosti, např. energetické hladiny, charakteristické vlnové délky, spin, dobu života, aj. Důležité informace podávají zejména měření za nestandardních podmínek – např. v magnetickém poli.

Měříme záření emitované při přechodu z vyšší energetické hladiny na nižší, hladiny jsou bez přítomnosti magnetického pole degenerované. Aplikujeme-li na atom magnetické pole, dojde k rozštěpení energetických hladin vlivem orientace magnetického momentu elektronů, tudíž pozorujeme rozštěpení pozorované spektrální čáry (viz Obrázek 1).

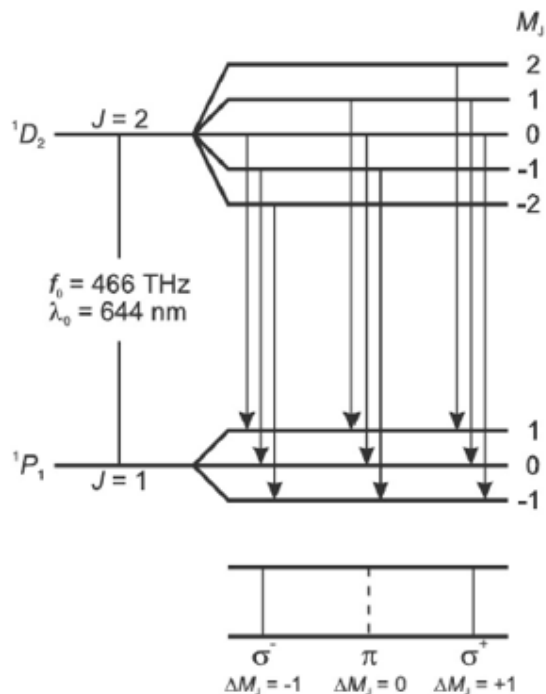
Velikost rozštěpení lze charakterizovat pomocí Bohrova magnetonu. Ten získáme ze vztahu (1)

$$\Delta E = \mu_B * B, \quad 1)$$

kde B velikost magnetického pole, ΔE je energie emitovaného fotonu při přechodu z vyššího energetického stavu na nižší. V našem experimentu užíváme optickou sestavu s Fabry-Pérotovým etalonem, v němž dojde k odrazu části procházejícího světelného paprsku. Odražený paprsek je emitován rovnoběžně s prošlým a liší se rozdílem optických drah, světlo vycházející z etalonu interferuje a my poté pozorujeme výsledný obrazec. Díky tomu lze rozdíl energetických hladin ΔE v našem experimentu vyjádřit vztahem (2)

$$\Delta E = \frac{c * h}{2 * d * n} * \frac{\delta}{\Delta'} \quad 2)$$

kde Δ je rozdíl optických drah, pokud atom není v magnetickém poli, δ rozdíl optických drah, je-li aplikováno magnetické pole, d je tloušťka etalonu a n je index lomu etalonu.



Obrázek 1: Rozštěpení energetických hladin vlivem vnějšího magnetické pole v atomu kadmia

2. Měření

a) Průběh experimentu

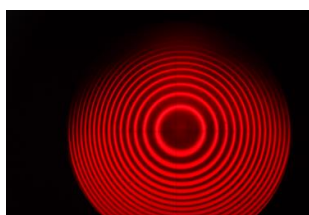
Nejprve jsme změřili referenční hodnoty magnetického pole lineárně závislé na zvoleném proudu či napětí. Následně jsme sestavili aparaturu (viz Obrázek 2) skládající se z mikroskopu, dvou spojek, filtru propouštějícího pouze červené světlo, Fabry-Pérotova etalonu, čtvrtvlnové destičky, kadmiové výbojky, dvou cívek generátoru proudu / napětí. Jelikož je světlo vycházející z výbojky polarizované, použili jsme také polarizační filtr. Poté jsme při nulovém magnetickém poli pozorovali degenerované energetické hladiny elektronového obalu. Při přítomnosti magnetického pole se jednoznačně odlišili tzv. diskrétní stavy. V obou případech jsme na číselné ose mikroskopu odečítali poloměry jednotlivých soustředných kružnic značících maxima. (viz Obrázek 3) Tentýž postup jsme aplikovali také při otočení výbojky o 90° .

b) Zpracování výsledků měření

Zjištěná data jsme využili nejprve k výpočtu Δ a δ . Následně jsme podle vztahu (1) určili o kolik se při přechodu z jednotlivých energetických hladin změnila energie pro různé hodnoty B . Vlivem zachování momentu hybnosti se uskutečnily pouze přechody π (původní energetická hladina), σ^+ (u projekci do $+1$, znázorněno vnějšími kružnicemi) a σ^- (při projekci do -1 , znázorněno vnitřními kružnicemi). Nakonec jsme podle vztahu (2) určili přibližnou hodnotu Bohrova magnetonu a také velikost chyby (viz Tabulka 2).



Obrázek 2: Aparatura



Obrázek 3: Interferenční maxima

konstanty	
n	1,457
d [m]	0,004
c [m.s ⁻¹]	300 000 000
h [J.s]	$6,626 \times 10^{-34}$
e [C]	$1,602 \times 10^{-19}$
Δ [μm]	5,520833

Tabulka 1: Základní použité konstanty

Bez posunu aparatury				
B (T)	δ_1^+	δ_1^-	δ_2^+	δ_2^-
0,21000	0,98750	0,86250	0,90750	0,58000
0,24000	0,98750	0,86250	0,90750	0,58000
0,28500	1,09313	0,86250	0,90750	0,58000
0,37000	0,98750	0,86250	0,90750	0,86250
μ_{B1}^+	μ_{B1}^-	μ_{B2}^+	μ_{B2}^-	
$14 \cdot 10^{-24}$	$12 \cdot 10^{-24}$	$13 \cdot 10^{-24}$	$9 \cdot 10^{-24}$	
$12 \cdot 10^{-24}$	$11 \cdot 10^{-24}$	$11 \cdot 10^{-24}$	$7 \cdot 10^{-24}$	
$12 \cdot 10^{-24}$	$9 \cdot 10^{-24}$	$10 \cdot 10^{-24}$	$6 \cdot 10^{-24}$	
$8 \cdot 10^{-24}$	$7 \cdot 10^{-24}$	$8 \cdot 10^{-24}$	$7 \cdot 10^{-24}$	

Aparatura o 90° posunuta				
B (T)	δ_1^+	δ_1^-	δ_2^+	δ_2^-
0,21000	1,64	0,36	1,86	0,58
0,24000	4,14	0,36	1,86	1,14
0,28500	1,64	0,36	1,86	1,14
0,37000	1,64	0,36	1,86	1,14
μ_{B1}^+	μ_{B1}^-	μ_{B2}^+	μ_{B2}^-	
$24 \cdot 10^{-24}$	$5 \cdot 10^{-24}$	$27 \cdot 10^{-24}$	$27 \cdot 10^{-24}$	
$53 \cdot 10^{-24}$	$5 \cdot 10^{-24}$	$24 \cdot 10^{-24}$	$24 \cdot 10^{-24}$	
$17 \cdot 10^{-24}$	$4 \cdot 10^{-24}$	$20 \cdot 10^{-24}$	$20 \cdot 10^{-23}$	
$13 \cdot 10^{-24}$	$3 \cdot 10^{-24}$	$15 \cdot 10^{-24}$	$16 \cdot 10^{-24}$	

Průměr všech μ_B^+ (J/T)	Průměr všech μ_B^- (J/T)
$(18 \pm 2) \cdot 10^{-24}$	$(10 \pm 2) \cdot 10^{-24}$

Tabulka 2: Zpracované hodnoty pro výpočet Bohrova magnetonu

konstanty	
n	1,457
d [m]	0,004
c [m.s ⁻¹]	300 000 000
h [J.s]	$6,626 \cdot 10^{-34}$
e [C]	$1,602 \cdot 10^{-19}$
Δ [μ m]	5,520833

Tabulka 1: Základní konstanty

3. Shrnutí

Diskuze

Při porovnání skutečné hodnoty Bohrova magnetonu plynoucí ze vztahu (3),

$$\mu = \frac{e\hbar}{2m_e}, \quad 3)$$

kde e je elementární náboj, \hbar je redukovaná Planckova konstanta, m_e je hmotnost jednoho elektronu, s našimi naměřenými a vypočítanými daty jsme si všimli, že zatímco výsledek určený ze σ -přechodů v rámci chyby odpovídá skutečnosti, výsledek počítaný z δ -přechodů je od opravdové hodnoty Bohrova magnetonu výrazně odchýlen. Domníváme se, že příčina pramení z přesnějšího určování poloměru menších kružnic, neboť maxima s větším poloměrem se lidskému oku jevila poněkud rozostřená. Dalším negativně ovlivňujícím faktorem může být nepřesnost a špatné zaostření čoček a nedostatečné zastínění a z toho plynoucí horší viditelnost jednotlivých mikrometrů.

Poděkování

Rádi bychom tímto poděkovali především naší supervizořce Ing. Dagmar Bendové. Dále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi, Csc., Fakultě Jaderné a Fyzikálně inženýrské a všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce 2018.

Reference:

Encyklopedie fyziky: Zeemanův jev [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1632-zeemanuv-jev>

Monte Carlo simulace šíření nebezpečného viru

¹ K. Tauchmanová, ² K. Sluková, ³ Š. Meister, ⁴ D. Staník

¹ Gymnázium Elišky Krásnohorské, Ohradní 55, Praha 4

² Karlínské gymnázium, Pernerova 25, Praha 8

³ Gymnázium Otokara Březiny a SOŠ, Telč

⁴ Gymnázium Uničov

¹ klara.tauchmanova@gmail.com, ² kristyna.slukova@centrum.cz

³ meister351@gmail.com, ⁴ sorinmarko@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo pozorování vývoje populací zaměstnaných jedinců a nezaměstnaných jedinců nakažených zavisí. Použili jsme jak deterministický tak stochastický model s přidávanými náhodnými MC efekty. Pozorovali jsme provázání obou populací v souladu s modelem predátor-kořist a změnu vývoje populace po přidání MC efektu.

1 Úvod

Tvorba matematických modelů biologických společenstev je velmi důležitá. Tyto modely nám pomáhají porozumět chování populací, ochraňovat ohrožené populace a účinně regulovat jejich nepřátele. Jedním z nejdůležitějších vztahů dvou populací je vztah mezi dravcem a jeho kořistí, který jakožto vztah producent-konzument tvoří základ všech potravních řetězců. Obě strany se musejí neustále vyvíjet, aby se vyrovnali nebo předčili stranu druhou. My jsme se zabývali vztahem mezi skupinou zaměstnaných (kořist) a nezaměstnaných (predátor) lidí v novodobé společnosti.

2 Lotko-Volterrův model

Lotka-Volterra model, označován jako model predátor-kořist, je model populační dynamiky popisující vývoj počtu dravců v závislosti na počtu jejich kořisti. Jedná se o jeden z nejjednodušších modelů popisujících interakci mezi dravcem a kořistí. Model má za cíl matematicky vysvětlit mechanismy zabezpečující druhovou koexistenci. Celý model vychází z předpokladů, že predátoři jsou plně závislí na své kořisti (jejich jediný zdroj potravy) a že kořist je ohrožována pouze predátory (zdroj jejich potravy je neomezený).

Model je pojmenován po svých autorech Alfredovi J. Lotkovi (1880-1949) a Vito Volterrovi (1860-1940), kteří tento model vytvořili nezávisle na sobě v letech 1925 a 1926.

3 Metody

2.2 Eulerova metoda

Jedna z metod numerického řešení obyčejných diferenciálních rovnic. Eulerova metoda vychází z rovnic pro změnu hodnoty funkce a její derivace. Je založena na principu aproximace průběhu funkce $f(x, y)$ na intervalu $[x_i, x_{i+1}]$ přímkou procházející body $[x_i, x_{i+1}]$ se směrnici, která je tečnou ke křivce v bodě (x_i, y_i) . Modifikací této metody je např. Metoda středního bodu, Heunova metoda, které jsou přesnější.

Tuto metodu publikoval Leonhard Euler v roce 1768.

2.3 Monte Carlo

Metoda Monte Carlo patří mezi stochastické simulační metody, protože opakování celé simulace se stejnými parametry vede k různým výsledkům. Na základě mnohokrát opakovaných náhodných pokusů se získají obecné charakteristiky pro popis modelovaného jevu. Pro analýzu jevů je využíváno generování pseudonáhodných čísel.

Metoda Monte Carlo je využívána v mnoha oborech lidské činnosti. Umožňuje například řešit jednoduché i vícerozměrné integrály, své využití nachází také ve statistické fyzice, fyzikální chemii, aerodynamice či v počítačové grafice.

4 Vlastní simulace

V rámci našeho miniprojektu jsme vytvořili model vývoje dvou populací, a to konkrétně skupiny zaměstnaných a nezaměstnaných lidí ve společnosti. Simulaci jsme pojmenovali Monte Carlo Donald (Zkráceně MCDonald), neboť být nezaměstnaný vyjde téměř nastejno jako získat brigádu v McDonaldu.

Označme $x = x(t)$ velikost populace zaměstnaných (kořisti) a $y = y(t)$ velikost populace nezaměstnaných (predátor). Populaci zaměstnaných je považována za zdravou, populace nezaměstnaných je nakažena virem závisti.

Dále označme:

- a ... specifickou mírou růstu populace zaměstnaných, jedná se o osoby, které nově získaly maturitu, a jsou tedy přijati do zaměstnání
- b ... míra poklesu populace zaměstnaných, jedná se o osoby, které byly v důsledku stížností nezaměstnaných lidí na výsledky maturitních zkoušek a jejich následným přezkoumáním zbaveni maturity;
- c ... míra růstu populace nezaměstnaných, jedná se o osoby, které po propuštění ze zaměstnání nespáchaly sebevraždu;
- m ... míra růstu populace zaměstnaných, jedná se o osoby, které byly v důsledku nedostatku pracovníků přijati zpět do zaměstnání.
- n ... míra nezaměstnaných páchajících sebevraždu

Pro přírůstek populace zaměstnaných platí vztah:

$$\frac{dx}{dt} = m \times x(t) - b \times x(t) \times y(t) + a \times x(t)$$

Pro přírůstek populace nezaměstnaných platí vztah:

$$\frac{dy}{dt} = c \times b \times x(t) \times y(t) - m \times y(t) \times y(t) - n \times y(t)$$

Nejprve jsme deterministický model, na kterém jsme testovali přibližný řád jednotlivých koeficientů. Poté jsme do modelu zapojili faktor náhody – stejně jako v reálné společnosti, kde se počty úspěšných maturantů v jednotlivých letech mění, byl koeficient a ovlivňující množství osob s nově získanou maturitou náhodně generován. Dále byla v simulaci v roce 2020 zavedena povinná maturita z matematiky, která ovlivnila koeficient b . K tomuto faktoru

Lze hledat analogii na ministerstvu školství, kde stále se měnící ministry i jejich požadavky lze označit jako čistě náhodnou veličinu.

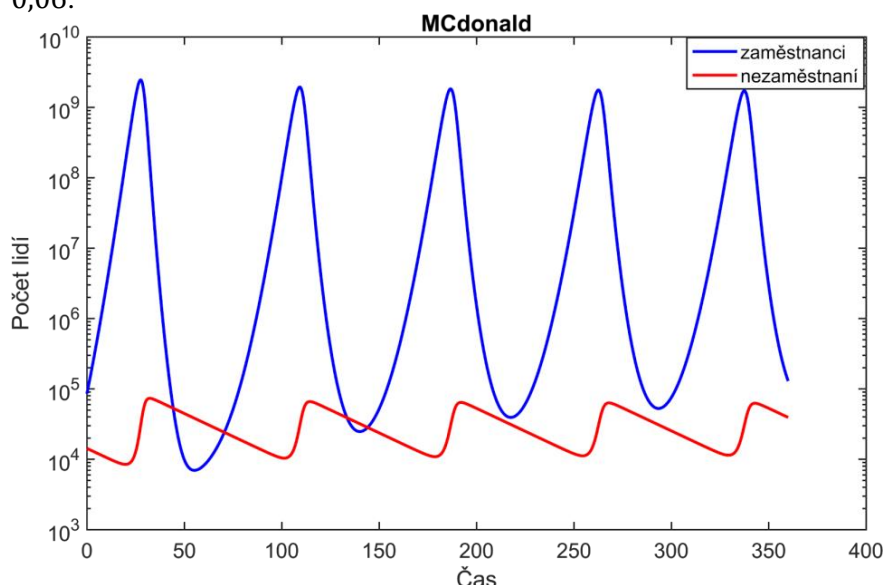
5 Výsledky

Simulaci se podařilo naimplementovat v programovém prostředí Matlab.

5.1 Deterministický model

V první simulaci byl přísun nových maturantů neustálý. V této situaci spolu obě populace koexistovaly, pokud měl koeficient a jedno desetinné místo, koeficient b a koeficient c pět desetinná místa a koeficient m dvě desetinná místa. Koeficient n byl nulový.

Následující graf byl vygenerován s koeficienty: $a = 0,3$, $b = 0,00002$, $c = 0,00009$ a $m = 0,06$.



Obr. 1 Graf vývoje počtu zaměstnaných a nezaměstnaných v závislosti na čase s neustálým přísunem nových maturantů

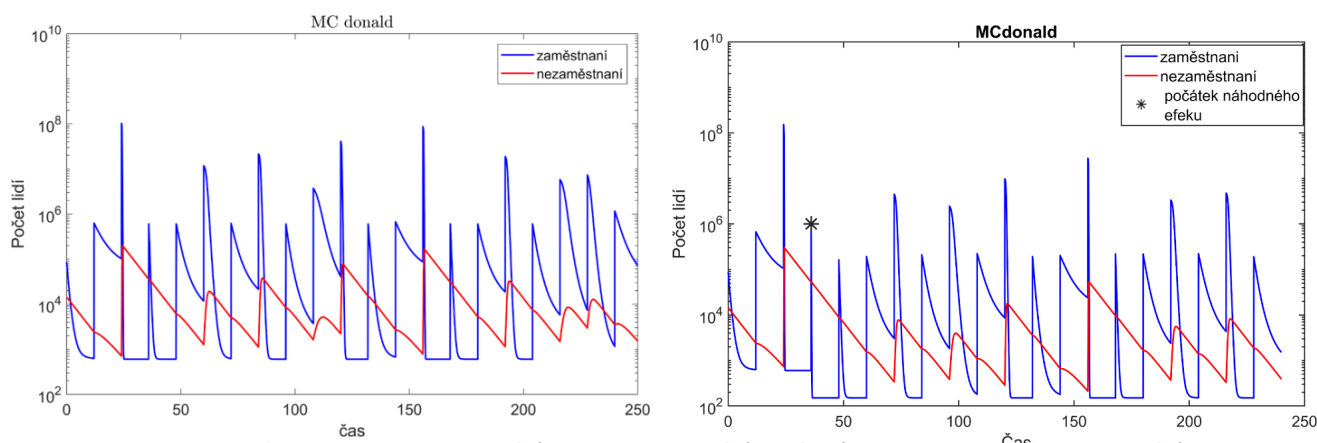
Při přísunu nových maturantů jednou za rok spolu obě populace dokázaly koexistovat, pokud měl koeficient b čtyři desetinná místa, koeficient c tři desetinná místa, koeficient m dvě desetinná místa a koeficient n dvě desetinná místa. Koeficient a měl pevně danou velikost, a to 100 000. Tato simulace více odpovídá reálnému světu.

Graf na obrázku 2 (a) byl vygenerován s koeficienty: $b = 0,0001$, $c = 0,002$, $m = 0,03$ a $n = 0,09$.

5.2 Stochastický model

Pro dosažení realističtějšího modelu byl koeficient osob s nově získanou maturitou generován náhodně v rozsahu od 70 000 do 120 000.

Graf na obrázku 2 (b) byl vygenerován se stejnými koeficienty, jako graf předchozí. Povinná maturita z matematiky v roce 2020 koeficient b ztrojnásobil.



Obr. 2 Grafy vývoje počtu zaměstnaných a nezaměstnaných v závislosti na čase s přísunem nových maturantů jednou ročně bez (graf a) a s MC efekty (graf b)

6 Shrnutí

Podářilo se nám implementovat metodu v programu Matlab. Pozorovali jsme provázanost populací v souladu s modelem predátor-kořist. Vyprodukovali jsme 3 simulace, první dva jsou deterministické, ve třetím bylo užito náhodného faktoru. První deterministický graf je s neomezeným přísunem nových maturantů, což postupně zvyšuje amplitudu růstu. Ve třetím grafu s užitím MC lze oproti grafu předchozímu spatřit změnu vývoje nezaměstnaných a u zaměstnaných můžeme pozorovat snížení hodnoty minim. Lze také pozorovat změnu klesající populace nezaměstnaných v čase odpovídajícímu příchodu nové populace zaměstnaných.

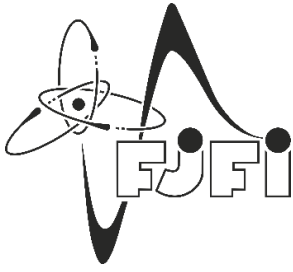
Zdrojový kód simulace k dispozici na : <https://uloz.to!/O07DbZT8Mads/mcdonald-m>

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat vedoucímu našeho miniprojektu ing. Martinu Matysovi za pomoc, odborné vedení a konzultace. Dále také Vojtěchovi Svobodovi za organizaci Týdne Vědy a celému organizačnímu týmu TV@J2018.

Reference:

- [1] MATOUŠKOVÁ, Kamila. Lotka - Volterra Model Predátor Kořist. Plzeň, 2009. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné také z: <http://num.kma.zcu.cz/galerie/MM-prace/Galerie%20MM%202009/Matouskova%20Predator-korist.pdf>
- [2] Entomologický ústav Adaptivní chování jedinců stabilizuje populační dynamiku Lotka-Volterrova modelu. In: Entomologický ústav [online]. České Budějovice, 2007 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://www.entu.cas.cz/novinky/novinka/2403/>
- [3] Martin Matys [online]. Praha [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <http://kfe.fjfi.cvut.cz/~matysma4/>
- [4] KÜHNOVÁ, Jitka. Modely dravec-kořist a jejich počítačové simulace. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Doc. RNDr. Zdeněk Pospíšil, Dr. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/qvzwx/diplomka.pdf>



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického v Praze

alias naše *Jaderka*

Proč studovat na Jaderce?

- Výběr z pestrého spektra oborů a zaměření
- Řada oborů je na Jaderce unikátní v rámci ČR
- Již v 2. roč. Bc. studia se řada studentů zapojuje do výzkumných projektů a vědeckých týmů
- Výchova k rychlé orientaci v mezioborové problematice a k týmové práci
- Příprava k výzkumné týmové práci a k aplikaci nejnovějších poznatků vědy do praxe
- Spolupráce s ústavy Akademie věd a s dalšími institucemi a univerzitami v ČR i v zahraničí
- Široká nabídka studijních pobytů na zahraničních univerzitách
- Přístup k moderním technologiím, k výpočetní technice a Internetu
- Individuální a neformální kontakt studentů s pedagogy, možnost ovlivňovat chod školy
- Pestrá paleta mimostudijních aktivit – společenských a sportovních akcí apod.
- Možnost studia zrakově postižených, bezbariérový přístup
- Bezproblémové uplatnění absolventů fakulty v zaměstnání

Jaké uplatnění mají absolventi?

Absolventi Jaderky nemají problém s uplatněním – zvládají měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; umí využít teorie grafů v bankovních operacích, na burze či při mariáži; řídit jadernou elektrárnu; určit příčiny havárií letadel, lodí či plynovodů; detekovat libovolné záření (vhodné při seznamování se); vyučovat matematiku a fyziku kdekoliv; být ministrem zahraničí – nebo dělat úplně něco jiného.

Kde se dozvím více? Čeho dalšího se můžu zúčastnit?

O fakultě se dá dozvědět více účastí na akcích, které pořádá. Jmenujme některé z nich

- Den otevřených dveří – pořádá se dvakrát ročně, zpravidla v listopadu a v únoru
- Kurz z matematiky a fyziky pro přípravu ke studiu na technických VŠ – od listopadu do března
- Úvodní soustředění Turnaje mladých fyziků – v druhé polovině října
- Letní studentské soustředění TCN – zpravidla v srpnu
- Nebo třeba opět za rok na Týdnu vědy na Jaderce

Web Jaderky pro středoškoláky www.jaderka.cz

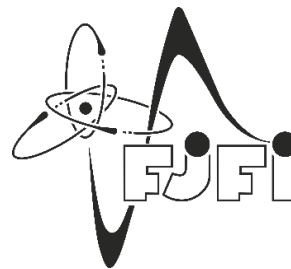
Oficiální web fakulty www.fjfi.cvut.cz

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
Břehová 7, 115 19 Praha 1

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Českého vysokého učení technického v Praze

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického v Praze (dále jen FJFI) poskytuje vysokoškolské vzdělání tradičně vysoké úrovně s individuálním přístupem k jednotlivým studentům.



Historie

Fakulta byla založena v roce 1955 pod názvem *Fakulta technické a jaderné fyziky Univerzity Karlovy* v rámci československého jaderného programu, výuka na nově vzniklé fakultě byla zahájena 6. září 1955. Záhy se ukázalo, že jaderná technika není úzce spojena jen s jadernými obory, ale naopak vyžaduje úzké propojení matematiky, fyziky a chemie i přírodovědných oborů s technickou praxí. Proto fakulta postupně rozšiřovala svou působnost v matematických, fyzikálních a chemických oborech. Dostala se tím na rozhraní dvou tradičních vysokých škol, a to univerzity a techniky. Jako fakulta fyzikálně inženýrského charakteru proto byla v srpnu 1959 převedena z Karlovy univerzity pod České vysoké učení v Praze. Přičemž v červenci 1968 došlo ke změně názvu na nynější, tj. *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze*. Tento název již „Jaderce“ zůstal. I když plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu zaměření, lze tradiční název fakulty chápat téměř jako ochrannou známku, která zahrnuje oprávněnou hrdost na trvale vysokou kvalitu absolventů a podporuje vědomí pedagogů i studentů o příslušnosti k „rodině Jaderňáků“. Být „Jaderňákem“ vždycky něco znamenalo a stále znamená.

Současnost

Výuka a výzkum na FJFI nyní tematicky pokrývá *aplikované jaderné inženýrství* (reaktorová fyzika a technika; dozimetrie, radiační fyzika, ochrana a bezpečnost; jaderná chemie), *moderní technologické aplikace fyziky* (kvantová elektronika a laserové techniky, pevnolátkový a materiálový výzkum) a rychle se rozvíjející oblast *matematiky a softwarového inženýrství*. Pro fakultu jsou typické interdisciplinární aplikace v ekologii, medicíně, ekonomii, archeologii a v mnoha dalších oborech. Zcela přirozeně a jednoznačně se při volbě názvu *studijního programu* na fakultě *akreditovaného*, zvolila *Aplikace přírodních věd*.

Výzkumná centra

Při fakultě působí několik specializovaných pracovišť podporujících vědeckou činnost a výchovu mladých vědeckých pracovníků: školní jaderný reaktor VR-1, fúzní tokamak Golem, stanice laserového družicového radaru v Egyptě, Dopplerův ústav pro matematickou fyziku a aplikovanou matematiku, Česko-americké výzkumné centrum částicové fyziky BNL-CZ, Centrum fyziky ultra-relativistických jaderných srážek, Centrum aplikované fyziky a pokročilých detekčních systémů, multidisciplinární výzkumné centrum pokročilých materiálů AdMat, Centrum laserového plazmatu, Nanobiofotonika pro medicínu budoucnosti.

Spolupráce se zahraničními univerzitami a institucemi

Fakulta prostřednictvím kateder spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami, s vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a s věhlasnými mezinárodními organizacemi typu CERN apod. Tyto kontakty umožňují studentům zapojení do mladých dynamických kolektivů s velkou profesní perspektivou i mimo akademickou sféru.

Studium

Fakulta je složená z deseti kateder (viz níže), poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium, titul Bc., navazující magisterské studium, titul Ing.). Studium probíhá formou přednášek, cvičení (seminárních a laboratorních), prostřednictvím odborných praxí a individuálních konzultací. Standardní délka studia je tři roky v bakalářském programu a tři roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek lze absolvovat bakalářský a navazující magisterský program během pěti

let. Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové práce. Tato práce má tvůrčí charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba, přímé zapojení studentů do řešení vědecko-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Přehled studijních oborů FJFI ČVUT V Praze

Bakalářské obory	Navazující magisterské obory
Matematické inženýrství Matematické modelování Matematická fyzika Aplikované matematicko-stochastické metody	Matematické inženýrství Matematická fyzika Aplikované matematicko-stochastické metody
Inženýrství pevných látek	Inženýrství pevných látek
Diagnostika materiálů	Diagnostika materiálů
Fyzika a technika termojaderné fúze	Fyzika a technika termojaderné fúze
Fyzikální elektronika	Laserová technika a elektronika Optika a nanostruktury
Matematická informatika	Matematická informatika
Informatická fyzika	Informatická fyzika
Aplikace softwarového inženýrství	Aplikace softwarového inženýrství
Jaderné inženýrství	Jaderné inženýrství
Experimentální jaderná a částicová fyzika	Experimentální jaderná a částicová fyzika
Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření	Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření Radiologická fyzika
Jaderná chemie	Jaderná chemie

Bakalářské obory bez přímé návaznosti do magisterského studia

Laserová a přístrojová technika
Fyzikální technika
Aplikovaná informatika
Radiologická technika

Stručné profily kateder

1. Katedra matematiky (KM)

Katedra zajišťuje veškerou výuku matematiky pro všechny obory. Působí zde čtyři výzkumné skupiny:

GAMS – Skupina aplikované matematiky a stochastiky se zabývá studiem fyzikálních, biologických a sociálních systémů, metodami matematické statistiky, matematické analýzy a teorie pravděpodobnosti,

MAFIA – Skupina „Metody algebry a funkcionální analýzy v aplikacích“ se věnuje výzkumu v oblasti matematické fyziky,

MMG – Skupina matematického modelování se věnuje modelování a numerickým simulacím komplexních jevů v high-tech designu, v ochraně životního prostředí a počítačové vědě.,

TIGR – Skupina teoretické informatiky se věnuje aktuálním tématům diskrétní matematiky s aplikacemi v informatice i fyzice.

2. Katedra fyziky (KF)

Katedra fyziky zajišťuje základní kurzy fyziky a fyzikálních praktik bakalářského studia a výuku partií fyziky navazujících na základní kurz. Výzkum na katedře je zaměřen na řadu problémů matematické fyziky, kvantové informace a komunikace, jaderné a částicové fyziky a fyziky plazmatu a tokamaků. Členové katedry a jejich

studenti spolupracují s řadou předních univerzit a vědeckých pracovišť v Evropě a ve světě včetně laboratoří v CERN, Brookhaven National Laboratory a JET. Pro vědecké a výukové účely provozuje katedra vlastní fúzní reaktor (tokamak) Golem.

3. Katedra jazyků (KJ)

Katedra jazyků zajišťuje veškerou výuku jazyků pro všechny obory a studenty fakulty, od naprostých začátečníků, přes mírně pokročilé až po pokročilé lekce s rodilým mluvčím. Kromě toho se katedra podílí na výuce v oboru *Aplikovaná informatika*, který je zaměřený na zvládnutí technické a jazykové přípravy na vysokém stupni kvality a znalostí. Katedra nabízí výuku v angličtině, němčině, španělštině, francouzštině, v ruštině a výuku češtiny pro cizince.

4. Katedra inženýrství pevných látek (KIPL)

Výuka vychází z nejdůležitějších poznatků klasické a kvantově mechanické teoretické a experimentální fyziky pevných látek. Je podávána formou specializovaných kurzů, zahrnuje popis a charakterizaci struktury pevných látek a jejich nejdůležitějších fyzikálních vlastností. Kurzy jsou tematicky členěny podle typu látek, jejich vlastností a analytických. Významná pozornost je věnována praktické laboratorní výuce a výuce soudobých postupů klasických a kvantově mechanických počítačových simulací kondenzovaných látek. Výuka se prolíná s vědecko-výzkumnou činností soustředěnou do sedmi specializovaných výzkumných laboratoří spolupracujících se špičkovými domácími a zahraničními výzkumnými a vzdělávacími institucemi.

5. Katedra fyzikální elektroniky (KFE)

Katedra umožňuje studentům získat kromě obecného základu aplikované fyziky i hlubší znalosti a experimentální zkušenosti v oblasti fyziky a techniky laserů, klasické i kvantové elektronice, v moderní optice, fotonice, plazmonice, optoelektronice, mikroelektronice, v nanotechnologiích a nanostrukturách a v moderních technologiích obecně, v holografii či v technice a aplikaci iontových svazků, apod. Katedra má dobře vybavené specializované laboratoře s moderní experimentální a výpočetní technikou i laboratoře pro praktickou výuku studentů (elektronika, optoelektronika a optika, laserová technika). Nové oblasti základního výzkumu vznikají na základě projektů studentů především v oblastech laserové fyziky a techniky, fyziky a aplikaci nanostruktur, fotoniky a plazmoniky, optického zpracování signálu, metamateriálů, rentgenové difrakční optiky atd.

6. Katedra materiálů (KMAT)

Výuka je zakotvena v obecném matematicko-fyzikálním základu, na nějž navazují znalosti z fyziky pevných látek, aplikované mechaniky, lomové a počítačové mechaniky a dalších fyzikálních a matematických předmětů. Značný důraz je kladen na výuku experimentálních metod výzkumu vlastností materiálů. Studenti získávají i znalosti nezbytné pro tvůrčí využívání výpočetní techniky. Vědecko-výzkumná činnost katedry je založena na komplexním přístupu ke studiu porušování těles a konstrukcí, zahrnujícím fyzikálně metalurgické aspekty, aplikace lomové mechaniky, matematické modelování polí napětí a deformace, výzkum procesů porušování v mikroobjemu i pravděpodobnostní přístup ke studiu spolehlivosti systémů. Součástí katedry je fraktografické pracoviště, které má statut autorizované zkušebny českého leteckého průmyslu a výzkumu.

7. Katedra jaderné chemie (KJCH)

Při výuce chemie studenti získají teoretickou i praktickou přípravu ve všech základních chemických oborech, tj. ve fyzikální, anorganické, analytické, obecné a organické chemii a v biochemii. Studenti mají na výběr profilovat se v oblasti aplikované jaderné chemie, chemie životního prostředí a radioekologie, či jaderné chemie v biologii a medicíně. Studenti rovněž získají mezioborový přehled v matematice, fyzice a chemii. Vědecko-výzkumná činnost je zaměřena na radioekologii, výzkum chování radionuklidů v životním prostředí, separaci radionuklidů a těžkých kovů, radioanalytickou chemii, radiofarmaceutickou chemii, na zneškodňování odpadů, využití radiačně chemických metod, modelování separačních a migračních procesů a na použití radionuklidů a ionizujícího záření v medicínských disciplínách.

8. Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření (KDAIZ)

Obor *Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření* klade důraz na experimentální jadernou fyziku a techniku, osobní dozimetrii, problematiku životního prostředí, dozimetrii jaderně energetických zařízení, metrologii záření

a aplikace ionizujícího záření ve vědě, technice, medicíně a dalších oborech. Obory *Radiologická fyzika* a *Radiologická technika* se zabývají aplikací ionizujícího záření a radionuklidů v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně. Katedra se podílí na řešení vědeckovýzkumných úkolů jak v oblasti dozimetrie a ochrany před zářením, tak i ve vybraných oblastech aplikací ionizujícího záření. Členové katedry úzce spolupracují s vybranými pracovišti vysokých škol a výzkumných ústavů u nás i v zahraničí.

9. Katedra jaderných reaktorů (KJR)

Vychovává posluchače v oboru *Jaderné inženýrství*. Student získá vědomosti základních fyzikálních, matematických a inženýrských disciplín, které jsou prohloubeny v oblasti jaderných technologií, jaderné energetiky a ochrany před ionizujícím zářením. Posluchači se mohou profilovat přímo podle požadavků praxe v oblasti jaderné energetiky a získají široké vědomosti v pokročilých disciplínách reaktorové a neutronové fyziky a termohydrauliky, které jsou zaměřeny na oblast teorie, konstrukce a provozu jaderných reaktorů. Kromě toho rovněž vzdělávání v praktických inženýrských znalostech stavby a provozu jaderných zařízení. Teoretická výuka je doplňována experimentální praxí v laboratořích a na školním jaderném reaktoru VR-1, který katedra jaderných reaktorů provozuje. K dispozici má i neutronovou laboratoř, praktická výuka je doplněna o úlohy ve spektrometrické laboratoři zaměřené na principy detekce neutronů a gama záření a základy neutronové aktivační analýzy. Vědecká činnost katedry se věnuje reaktorové a neutronové fyzice, bezpečnosti jaderných zařízení nebo výpočetním nástrojům pro analýzu jaderných reaktorů.

10. Katedra softwarového inženýrství (KSI)

Studium je založené na průpravě v matematice, na základech ekonomie, marketingu, manažerství, fyziky, dvou světových jazyků a práva. Důraz je kladen na široké spektrum „počítačových“ disciplín, od základů programování a algoritmizace, přes programovací jazyky Delphi, C++, databáze SQL, až po moderní jazyky jako je JAVA nebo XML. Je zde zastoupena i tvorba internetových aplikací apod. Absolvent je předurčen pracovat nejen jako řadový programátor či správce sítě, ale i jako vedoucí projektů, ředitel IT oddělení firem apod. Jednou z mezinárodních spoluprací je softwarové zabezpečení fyzikálního experimentu COMPASS v CERN. Členové týmu se starají o bezproblémový chod jednoho z největších databázových systémů, který musí být schopen v reálném čase zpracovávat data o velikosti 5 GB/s (tedy 1 DVD za vteřinu), ukládat je a poskytovat rozříděná experimentátorům. Katedra se rovněž věnuje včasné diagnostice Alzheimerovy choroby. Cílem je umožnit včasné podání medikamentů a tím snížit projevy choroby a rychlost degenerace lidského mozku. Kromě toho se také katedra zaměřuje na počítačovou 3D analýzu obrazu mozku z PET, SPECT či MRI a její vyhodnocování, které lépe pomůže porozumět získaným datům.

Studentské aktivity

Na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT (<https://su.fjfi.cvut.cz/>). Je to nezisková organizace, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Obvyklým pojmenováním SU FJFI je milé *SUnie*. Vznikla za účelem poskytovat studentům fakulty i další povyražení, kromě studia matematiky a fyziky. *SUnie* je skupina kamarádů, kterým nejsou lhostejní jejich spolužáci. Vítá mezi sebe každého, kdo má jen trošku potřebu nebýt na škole sám. Neobešla by se bez podpory domovské fakulty, která jí poskytuje technické, a hlavně morální zázemí pro činnost. Vydává studentský časopis *Corpus Omne*. Pořádá spoustu „sranda akcí“, z nichž vybíráme:

Bažantrikulace – neoficiální uvítání a křest studentů prvního ročníku FJFI. Po imatrikulaci se sice stanete vysokoškolačkem, ale studentem FJFI teprve po Bažantrikulaci. Studenti jsou pasováni na Jaderňáka pomocí zlatého integrálu, přičemž složí slib a zapijí ho vodou z jaderného reaktoru.

„*Jaderňácký průvodce po fakultě a okolí?*“ – vydává se pro studenty prvního ročníku, pomáhá jim zorientovat se v novém prostředí.

Letní studentské soustředění TCN – zpříjemnění letních prázdnin. Poutavé přednášky, večerní kurzy matematiky, zajímavé noční hry, možnost seznámit se s lidmi, a s tím, jak to na FJFI chodí.

Všejaderná fúze – krycí název pro reprezentační ples FJFI, který se koná každý rok již skoro čtvrt století. Ples je tradičně uváděn divadelním představením z pera některého studenta, divadelní prkna též obsazují ochotníci z řad FJFI. Součástí programu je bohatá tombola a pochopitelně tanec.