Týden vědy na Jaderce

Sborník příspěvků

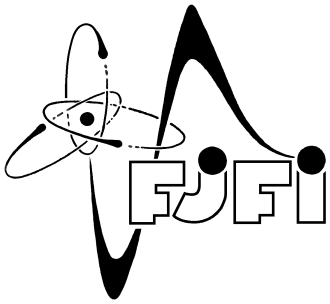
16.-20.červen 2013

"Recept na zářný úspěch v bádání: vezměte mladé badatele, poskytněte jim trochu virtuálního soukromí, věnujte jim nevídaný stupeň volnosti a vyviňte na ně tlak soutěživosti. ."
James Watson (60 let od objevení struktury DNA)

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem

Každým rokem je pro mne těžší a těžší napsat nějaký originální úvod, tak aspoň telegraficky:

- Letošní ročník tvořilo 49 miniprojektů, 17 exkurzí a 17 přednášek pro cca 180 studentů. Ve všech parametrech jsme trochu povyrostli.
- Setkání FJFI s mladými adepty badatelské profese se letos konalo patnáctým rokem a opět se k nám studenti /snad rádi/ vrací. Letos to bylo minimálně 45 studentů.
- Dovolte mi tradičně poděkovat na tomto místě jmenovitě především Ondřeji Groverovi, Lence Thinové, Lubce Balkové a Evě Prostějovské za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci TV. Dále tradičně děkuji všem supervisorům úloh, přednášejícím, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty FJFI.
- Letos jsme povýšili i kulturní program: na welcome party jsme si poslechli skupinu Humbuk, složenou z jaderňáků a matfyzáků a navázali jsme sympatickou spolupráci s Pražskou konzervatoří, kde jsme v úterý zhlédli parádní představení jejich studentů 6. ročníku "Loučení se svobodou".

Doufám, že název zhlédnutého představení nevěští nějaké neblahé mraky do budoucnosti a že se budu moci za rok opět postavit před skupinu nadšených zájemců a začít 16. ročník TV@J. Bude mi ctí. Takže na shledanou .

12. května 2014 S pozdravem, Vojtěch Svoboda

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní TV.

Očekávání	**Obavy**
Z uspávače hadů Svobody	z uspávače hadů Svobody
Ze splněných obav	z Brňáků
Ze zábavného pondělí	z vidláků
Z týmové práce	z Pražáků
Setkání se skutečnými vědci	ze splněných očekávání
Z ozáření	ze smutného čtvrtku
neočekávatelného	ze Strahova
wifi	že se něco dovím
Muže v černém klobouku	z Welcome párty

Obsah

Poděkování **3**

Slovo úvodem **4**

Program Týdne vědy 2013 **7**

Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů **8**

Příspěvky **15**

Průrazové studie plazmatu na tokamaku GOLEM (Alexandr Zaykov,Dan Fáborský,Michal Vrána,Erik Wetter) . . . 15

Polohové studie chování plazmatu na tokamaku GOLEM (William Tatarko,Martin Vanečko,Daniel Platil,Michal Prokop) . . . 20

Magnetohydrodynamické studie na tokamaku GOLEM (Adam Hrnčiřík,Jiří Žák,Tomáš Lamich,Vojtěch Oupický,Matyáš Grof) . . . 25

Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM (Daniel Štěrba,Martin Šípka,Matej Oravec,Dalibor Dvořák,Anna Kufová) . . . 31

Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití (Johana Stratilová,Martin Vančura,Eliška Kleinová) . . . 35

Měření kosmického záření (Dušan Ondírko,Martin Málek,Andrea Závadská,Samuel Tomašec,Marek Koščo,Petr Štencl) . . . 39

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice (Jaromír Kuchyňka,Jakub Dvořák,Martin Hanzík,Rudolf Koběrský,Marek Honek,Zdeněk Sýkora) . . . 43

Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů (František Falta,Denisa Kučerová,Michal Nožička) . . . 50

Počítačové simulace fyzikálních problémů (Vojtěch Galda, Štěpán Paulík,Jan Schäfer,Viktor-Adam Koropecký) . . . 54

Postavte si Nd:YAG laser (Vojtěch Mironidis,Dominik Grigľák,Lukáš Kolek) . . . 58

Jak chránit DNA před zářením (Hana Pařízková,Petra Vaníčková,Lucie Dudková,Markéta Nečasová,Karolína Fizková) . . . 62

DNA a radikály (Jana Mrázová,Magdaléna Koutová,Veronika Humhalová,Matěj Ježek,Magdaléna Suchá,Jakub Talanda) . . . 66

Narušování symetrie v laserovém rezonátoru (Michaela Tomanová,Martin Cimrman,Tomáš Jakubec) . . . 70

Mlžná komora (Monika Robotková,Miroslav Fil,Adam Konšel,Iveta Zatočilová) . . . 73

Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku (Ondřej Knap,Martin Štajer,Eliška Radová,Marie Hyblová) . . . 77

Čítání fotonů a jeho aplikace (Dominik Vít,Filip Sváček,Matěj Pokorný,Zuzana Procházková) 81

Měření spektra gama záření scintilačním počítačem (Jiří Suchan,Pavel Vrbka,Michal Bambuch) . . . 85

Zelené flurescenční světlo odhaluje ionty uranu (Tomáš Jirman,Eliška Kosová,Dominik Nedvídek) . . . 89

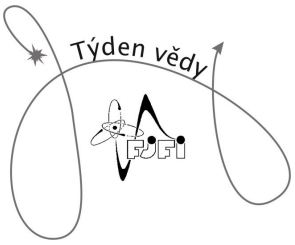
Základní experimenty s lasery (Ladislav Hustý,Danica Žilková,Ondřej Pleticha) . . . 93

Podivnost na LHC (Daniel Fišer,Jan Jerhot,Ondřej Havelka,Daniel Buzovský) . . . 97

Optimální mince a bankovky (Jakub Svoboda,Aneta Šťastná,David Jančar,Oskar Turek,Matej Oravec) . . . 102
Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání (Vlastimil Zlámal,Klaudia Nesládeková,Josef Koláčný,Ondřej Schejbal) . . . 106
Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce (Jan Hrach,Veronika Mašková) 110
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Pavla Bérešová,Viktor Miller,Sofia Vráblová,Adam Jiránek) . . . 116
Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti? (Kristýna Ilievová,Tereza Kurimaiová) . . . 119
Modifikace spekter částic médiom (Petr Smísitel,Luboš Vozdecký,Ota Čapek,Viktor Skoupý,Lucie Švamberová) . . . 123
Počítačové zobrazování fraktálních množin (František Srnec,Jaroslav Štorek,Barbora Kopalová) . . . 127
Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo (Ondřej Čajánek,František Gašpar,Zuzana Drázdová,Filip Stanislav) . . . 131
Počítačová grafika - pohled pod pokličku (Zuzana Šimečková,Lubor Jenček,Martin Rusín,Jindřich Rozkopal) . . . 135
LINUX Lab (David Pecl,Tereza Bautkinová,Jan Trnavský,Tomáš Gruntorád) . . . 139
Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce (Dominik Lamacz,Miroslav Hanzelka,Václav Rozhoň) . . . 142
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Anna Červenková,Adam Antoš,Zdeněk Sháněl) . . . 147
Termoluminiscenční dozimetrie (Lukáš Bejček,Jiří Dekastello,Matouš Kasal,Jan Hevera) . . 150
Jak poznat dávku z barvy gelu? (Daniel Drnec,Nikola Vohralíková,Radek Chmelař) . . . 154
Měření měrného náboje elektronu e/m (Tomáš Vicek,Antonín Krpenský,Tomáš Vymazal) 157
Řezání CO2 laserem (Natálie Milerová,Kristýna Balíková,Jiří Marek,Michal Martinek,Jaroslav Dobrý) . . . 161
Simulace provozu JE typu VVER-440 (Monika Šašková,Hana Komárková) . . . 165
Simulace provozu JE typu ABWR (Jakub Reinštein,Stanislav Taborovets) . . . 169
Holografie - realizace reflexního hologramu (Adéla Miklíková,Dominika Jurdová,Tomáš Přeučil) . . . 173
Radioaktivita - vlastnosti, zjišťování a ochrana (Daniel Vymětal,Tomáš Malínský,Tomáš Bohuslav,Marek Pauš) . . . 177
Příprava a kontrola kvality radiofarmak (Zuzana Ševčíková,Iva Vaňková,Hana Vičarová,Karolína Zádrapová,Anna Radovanská,Kateřina Altmanová) . . . 181
Řešení Sudoku pomocí optimalizace (Václav Trličík,Šimon Let,František Hájek,Ráchel Sgallová) . . . 185
Dolování dat pomocí Sammonova zobrazení (Jakub Doležal,Jiří Štěpanovský) . . . 189
Radiačně chemická příprava nanostříbra (Jan Baborák,Lukáš Fusek,Tereza Uhlířová) . . . 193
Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn (Irena Majerová,Daniel Fína,Lucie Povýšilová,Tomáš Vrána) . . . 197
Causality and Quantum Theory (Filip Široký,Hana Nováková,Jana Brabencová,Kristýna Drastichová) . . . 200
Použití metody Monte Carlo pro určení kritického stavu jaderného reaktoru (Dan Humpál,Jan Batysta,Tomáš Martínek) . . . 204

Gama-spektometrie - určení rozpadových prvků při působení tepelných a epitermálních neutronů (Jan Krejčí,Vojtěch Fišer,Ondřej Vrba,Aleš Ryška) 208
Rake probe na tokamaku GOLEM (Daniel Vlček,Štěpán Štěpán,Vojtěch Cahlík,Zora Venerová) 212

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT **215**



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2013

Program Týdne vědy 2013

- Neděle 16.6.

  9.00-10.00 Prezentace, registrace (Břehová).
  10.00-11.45 Úvod (o vědecké komunikaci) a organizace TV@J (Břehová).
  12.00-13.30 Populární přednášky (Břehová).
  13.30-16.00 Miniexkurze (Břehová). RNDr. Lenka Thinová: Je prášek do pečiva radioaktivní? Zveme Vás na dobrodružství s měřícím přístrojem a radioaktivitou.
  13.30-17.00 + večer Ubytování pro mimopražské na Strahově.
  18.00-21.00 Welcome party - posluchárna 103 a Atrium.

- Pondělí 17.6.

  9-16.30 Miniprojekty (seznámení, rešerše, příprava, realizace).
  16.30-18.00 Jak prezentovat I (publikace) - posluchárna 103.
  16.30-18.00 Alternativní přednáška: RNDr. Jan Proška: Vědci vytvořili umělý život !!! Podtitul:Také se občas bojíte, když čtete titulky v novinách?
  16.30-18.00 Alternativní přednáška: Ing. Lubomíra Balková, Ph.D.:Hašovací funkce aneb nejžhavější téma současné kryptologie.

- Úterý 18.6.

  celý den Miniprojekty (příprava prezentace a sborníkového příspěvku).
  18.00 Deadline pro upload příspěvků.

- Středa 19.6.

  9.00-10.30 Hlavní pozvaná přednáška: Ing. Anna Michaelidesová: Zázračná molekula DNA
  11.00-12.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení)
  11.00-12.30 Alternativní přednáška: RNDr. Jan Smolík, Ph.D.: Experimenty s vysokými energiemi. Detektory a urychlovače ve laboratořích CERN a Fermilab.
  11.00-12.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků TV@J: Chcete něco zvědět o studiu na FJFI? - beseda především se studenty FJFI. - Břehovka.
  odpoledne Exkurze na vrcholná badatelská pracoviště po Praze

- Čtvrtek 20.6.

  8.00-9.30 Prezentace miniprojektů I (Aula 103, 115 a ostatní posluchárny Břehovky).
  10.00-11.45 Prezentace miniprojektů II (Aula 103, 115 a ostatní posluchárny Břehovky).
  12.30-13.45 Prezentace miniprojektů III (Aula 103, 115 a ostatní posluchárny Břehovky).
  13.45 Závěr (Aula 103).
  14.15 Konec TV@J.

Exkurze

- UJV AV ČR, a.s., Řež u Prahy
- UJF AV ČR, v.v.i., Řež u Prahy
- Fyzikální ústav - Na Slovance
- Fyzikální ústav - Cukrovarnická
- Leksellův gamma nůž
- Oddělení radioterapie Nemocnice na Bulovce
- Školní reaktor VR-1 Vrabec FJFI ČVUT
- Tokamak GOLEM I
- Tokamak GOLEM II
- Tokamak COMPASS
- Prague Asterix Laser System
- Technické muzeum Praha
- Ústav fyziky atmosféry
- Z pinč
- Výzkumný a zkušební letecký ústav v Letňanech
- Protonové centrum
- Ústav fyzikální chemie

Nedělní přednášky

- Ondřej Grover: Termojaderná fúze
- Ing. Ondřej Klimo, Ph.D.: Ultraintenzivní laserové pulsy, aneb co se skrývá za projektem ELI
- Bc. Martin Schäfer: Kosmické záření nejvyšších energií a jeho detekce na Observatoři Pierra Augera
- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Chemie a záření
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- Bc. Marek Bukáček: Od obyčejné chůze k modelu evakuace
- Prof. Ing. Edita Pelantova, CSc: K čemu slouží exotické zápisy čísel
- Ing. Matěj Navrátil: Ionizující záření v medicíně
- Doc. Ing. Miroslav Virius: Počítač a náhoda
- Vojtěch Motyčka: Centrum výzkumu Řež

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Tereza Růžičková: Průrazové studie plazmatu na tokamaku GOLEM
- Jindřich Kocman: Polohové studie chování plazmatu na tokamaku GOLEM
- Bc. Tomáš Markovič: Magnetohydrodynamické studie na tokamaku GOLEM
- Ondřej Grover: Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM
- Ing.Michal Němec, PhD.: Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití
- Ing. Ján Kubančák: Měření kosmického záření
- Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice
- ing. Hynek Lavička PhD.: Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů
- ing. Hynek Lavička PhD.: Počítačové simulace fyzikálních problémů
- Bc. František Batysta: Postavte si Nd:YAG laser
- ing. Marie Davídková, CSc.: Jak chránit DNA před zářením
- ing. Anna Michaelidesová: DNA a radikály
- Ing. Josef Blažej, Ph.D.: Narušování symetrie v laserovém rezonátoru
- Viktor Löffelmann: Mlžná komora
- Ing. Jana Hradilová: Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku
- prof. Ing. Ivan Procházka, DrSc.: Čítání fotonů a jeho aplikace
- Bc. Martin Schafer: Měření spektra gama záření scintilačním počítačem
- Mgr. Aleš Vetešník, Ph.D.: Zelené flurescenční světlo odhaluje ionty uranu
- Ing. Jan Rusňák: Základní experimenty s lasery
- Ing. Olga Hájková: Podivnost na LHC
- Ing. Lubomíra Balková, Ph.D.: Optimální mince a bankovky
- Ing. Lucie Štolcová: Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání
- Ing. Jan Stránský a Bc. Leona Švecová: Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce
- Ing. Jan Adámek: Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- ing. Filip Novotny: Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
- Ing. Jaroslav Adam: Modifikace spekter částic médiom

- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- Ing. Petr Ambrož, Ph.D.: Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo
- Ing. Pavel Strachota, Ph.D.: Počítačová grafika - pohled pod pokličku
- Ing. Jan Mach: LINUX Lab
- Ing. Pavel Hrabák: Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce
- Ing. Petr Průša: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Tomáš Urban: Termoluminiscenční dozimetrie
- Ing. Kateřina Vávrů: Jak poznat dávku z barvy gelu?
- Bc. Ota Kukral: Měření měrného náboje elektronu e/m
- Ing. Petr Gavrilov: Řezání CO2 laserem
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu VVER-440
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu ABWR
- Ing. Marek Škereň, PhD.: Holografie - realizace reflexního hologramu
- Ing. Michal Křelina: Radioaktivita - vlastnosti, zjišťování a ochrana
- RNDr. Ján Kozempel, Ph.D.: Příprava a kontrola kvality radiofarmak
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Řešení Sudoku pomocí optimalizace
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Dolování dat pomocí Sammonova zobrazení
- doc. Ing. Rostislav Silber, CSc.: Radiačně chemická příprava nanostříbra
- ing. Mojmír Němec, Ph.D.: Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
- MSc. Aurél Gábris, PhD.: Causality and Quantum Theory
- Ing. Lenka Heraltova: Použití metody Monte Carlo pro určení kritického stavu jaderného reaktoru
- Vojtěch Motyčka: Gama-spektometrie - určení rozpadových prvků při působení tepelných a epitermálních neutronů
- Jana Brotánková: Rake probe na tokamaku GOLEM

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek:

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Miroslav Hanzelka
8:00 Základní experimenty s lasery
8:15 Radioaktivita - vlastnosti, zjišťování a ochrana
8.30 Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM
8:45 Postavte si Nd:YAG laser
9:00 Simulace provozu JE typu VVER-440
9:15 Počítačové simulace fyzikálních problémů

Paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Jan Hrach
8:00 Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo
8:15 Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
8.30 Narušování symetrie v laserovém rezonátoru
8:45 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice
9:00 Magnetohydrodynamické studie na tokamaku GOLEM
9:15 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Paralelní přednášky v Aule 114

Chairperson: Hana Nováková
8:00 Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
8:15 Termoluminiscenční dozimetrie
8.30 Čítání fotonů a jeho aplikace
8:45 Simulace provozu JE typu ABWR
9:00 Mikroskopie v materiálovém výzkumu
9:15 Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Petra Vaníčková
10:00 Mlžná komora
10:15 Holografie - realizace reflexního hologramu
10:30 Polohové studie chování plazmatu na tokamaku GOLEM
10:45 Řezání CO2 laserem
11:00 Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů
11:15 Měření kosmického záření

Paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Tomáš Malínský
10:00 Dolování dat pomocí Sammonova zobrazení
10:15 Causality and Quantum Theory
10:30 Průrazové studie plazmatu na tokamaku GOLEM
10:45 Jak poznat dávku z barvy gelu?
11:00 Podivnost na LHC
11:15 Modifikace spekter částic médiom

Paralelní přednášky v Aule 114

Chairperson: Tereza Kurimaiová
10:00 Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce
10:15 Měření spektra gama záření scintilačním počítačem
10:30 Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití
10:45 Počítačové zobrazování fraktálních množin
11:00 DNA a radikály
11:15 Gama-spektometrie - určení rozpadových prvků při působení tepelných a epitermálních neutronů

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Jan Krejčí
12:15 Rake probe na tokamaku GOLEM
12:30 Jak chránit DNA před zářením
12:45 Příprava a kontrola kvality radiofarmak
13:00 Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce

Paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: František Falta
12:15 Radiačně chemická příprava nanostříbra
12:30 Zelené flurescenční světlo odhaluje ionty uranu
12:45 LINUX Lab
13:00 Použití metody Monte Carlo pro určení kritického stavu jaderného reaktoru

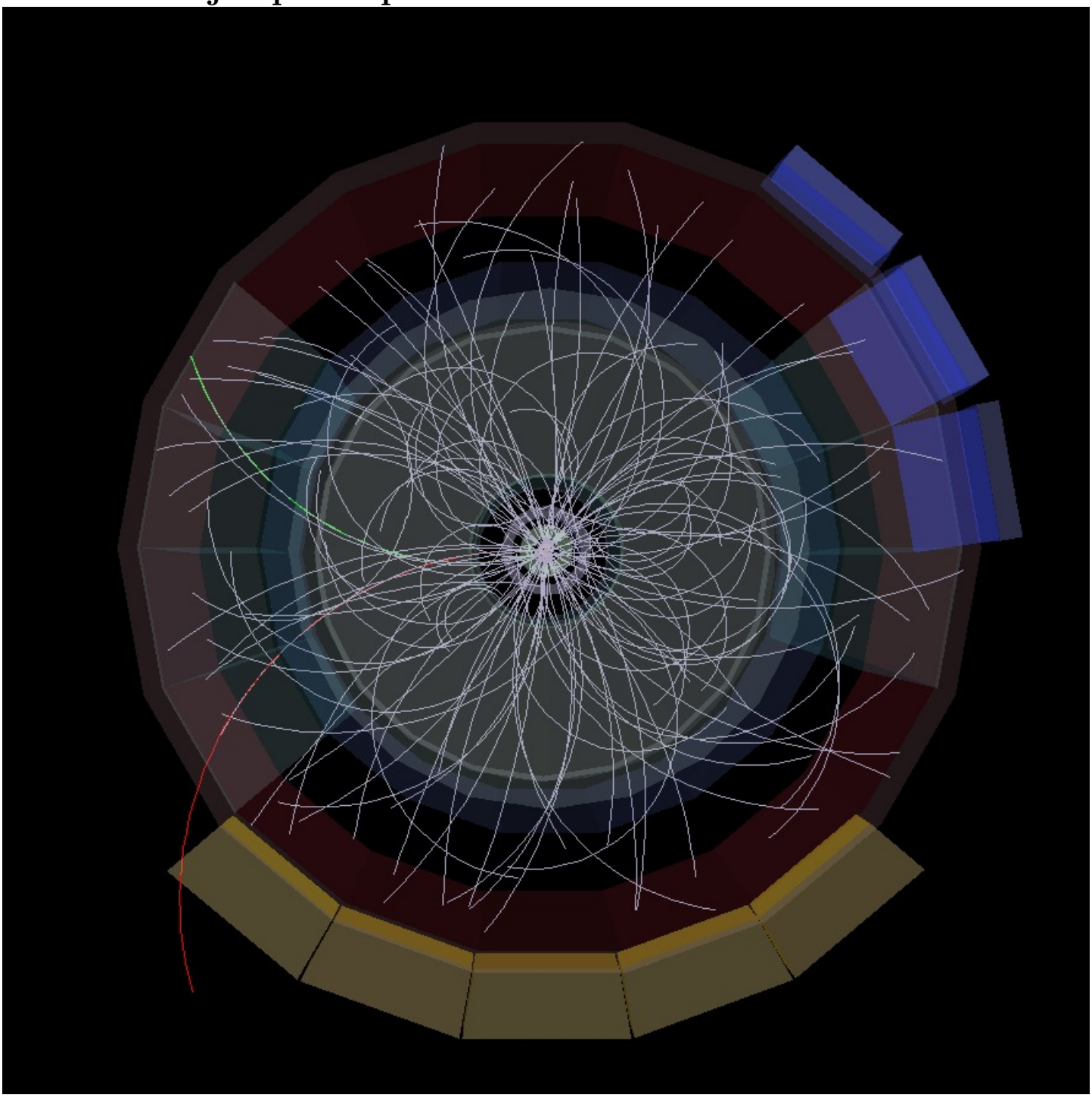
Paralelní přednášky v Aule 114

Chairperson: Vojtěch Fišer
12:15 Řešení Sudoku pomocí optimalizace
12:30 Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání
12:45 Měření měrného náboje elektronu e/m
13:00 Počítačová grafika - pohled pod pokličku

Paralelní přednášky v Aule 103

13:15 zakončení

Letošní TV je opět doprovázen CD.



Miniprojekt Modifikace spekter částic médiem.: Srážka protonů na detektoru ALICE.

Průrazové studie

„Breakdown studies“

D. Fáborský, E. Wetter, M. Vrána, M. Oravec, A. Zaykov
Supervisor: Tereza Růžičková
18.6.2013

Abstrakt

Úkolem tohoto experimentu bylo zjistit závislost tvorby plazmatu na napětí primárního vinutí (U_{cd}) a tlaku pracovního plynu (P).

1. Úvod

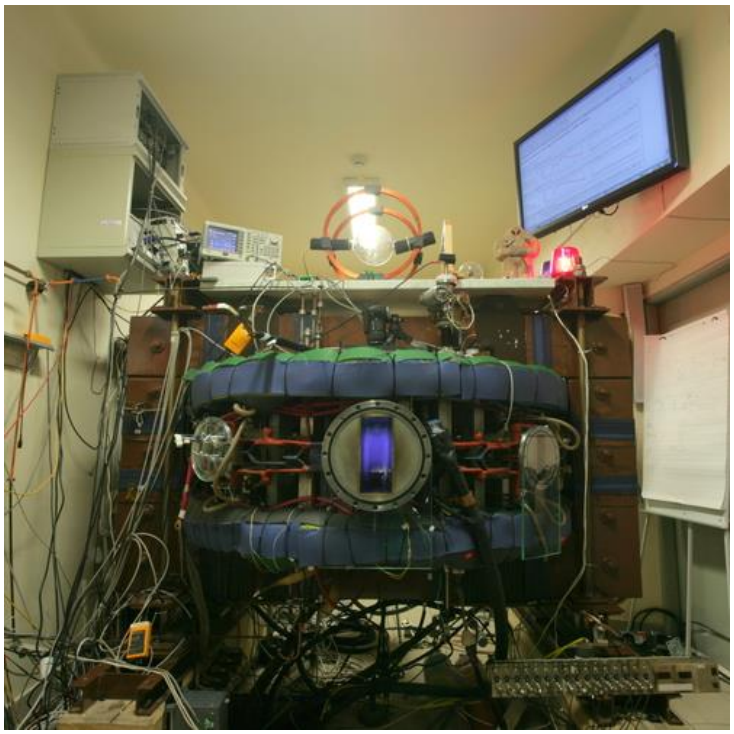
TOKAMAK je „nádoba“ používaná k vytvoření, udržení a zkoumání termojaderné fúze (v případě TOKAMAKu Golem pouze plazmatu), která má být v budoucnu velkým zdrojem energie. Plazma je vysoce ionizovaný plyn, který velmi dobře vede elektrický proud v závislosti na své teplotě. Plazma se ohřívá pomocí Faradayova principu elektromagnetické indukce. Aby se zabránilo styku plazmatu s komorou, využívá se toroidálních cívek, jež generují homogenní magnetické pole.

2. Teorie

V tomto experimentu jsme se zaměřili na zkoumání pravděpodobnosti „průrazu“ tedy stavu, při kterém vzniká plazma. A to za dvou konstantních hodnot U_b,=700 V, napětí na toroidních cívkách, a T=7000 μs, zpoždění vybití kondenzátorů. Ony kondenzátory se vybily do primárního vinutí (modré dráty ovinující jádro). To je součástí transformátoru, kde sekundárním vinutím je plazma samoté. Jelikož plazma vytváří jenom jeden závit, je zde obrovský transformátorový poměr, a tedy plazmatem prochází obrovský proud.

Vznik plazmatu v našem případě, kde jsme eliminovali U_b a T*, bylo závislé pouze na dvou proměnných – U_{cd}, P. U_{cd} je napětí primárního vinutí – „current drive“. P je pak tlak pracovního plynu, kterým zde byl vodík (H_2).

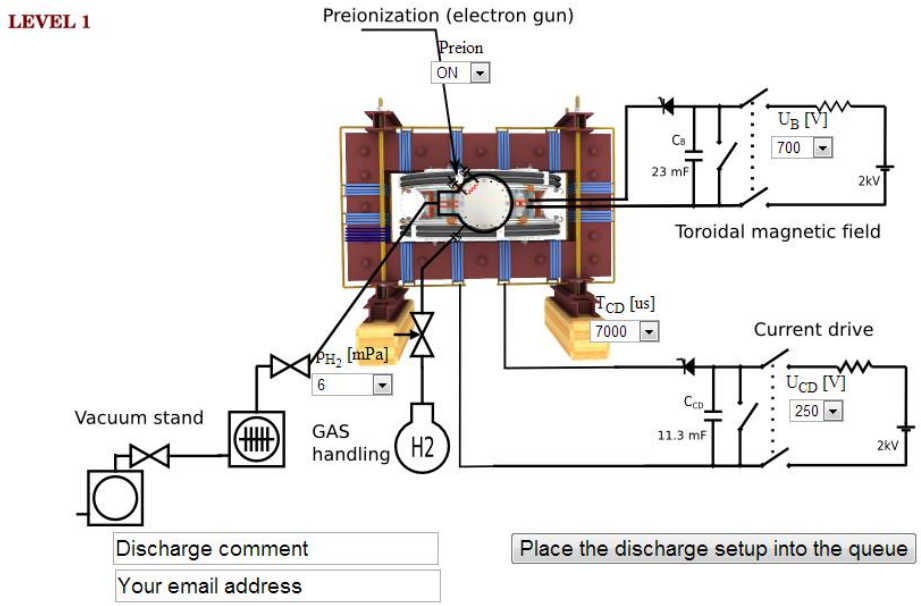
*Pro zvýšení pravděpodobnosti vzniku nabitých částic v komoře před vybitím kondenzátoru do primárního vinutí jsme využili preionizace. Ta byla zajištěna žhavením W-vlákna.



Obr. 1

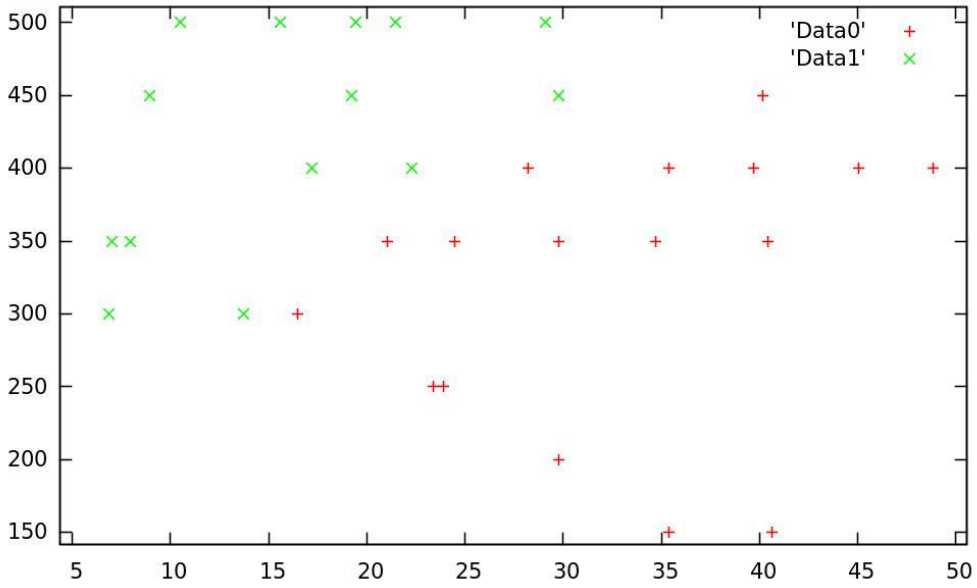
3. Experiment #1

Ve virtuálním velínu TOKAMAKu, jsme si vymezili hodnoty, pro proměnné shrnuté v předešlém bodu, a naplánovali několik výstřelů. Hodnoty se pohybovaly pro U_{cd} = <150; 500> V a P = <6; 50> mPa.



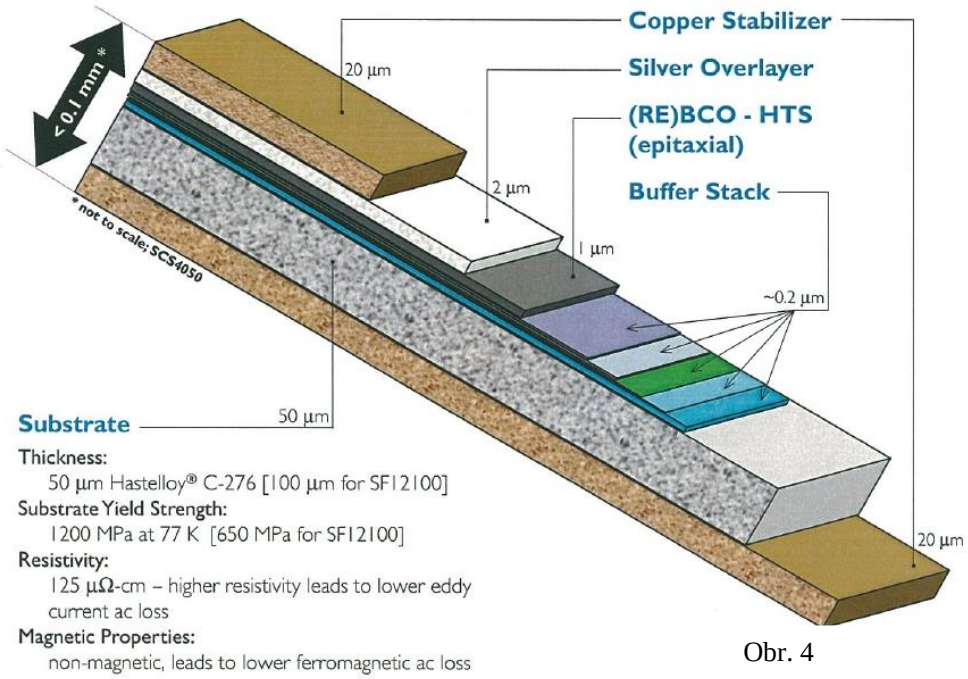
Obr. 2

Zároveň jsme díky datamining programu *BD.sh*, vytvořeného naším supervizorem, mohli využít i výsledků jiných skupin, které neodporovaly našemu zadání. Získali jsme vcelku zajímavý graf, kde zelené křížky označují vznik plazmatu a červené opak.



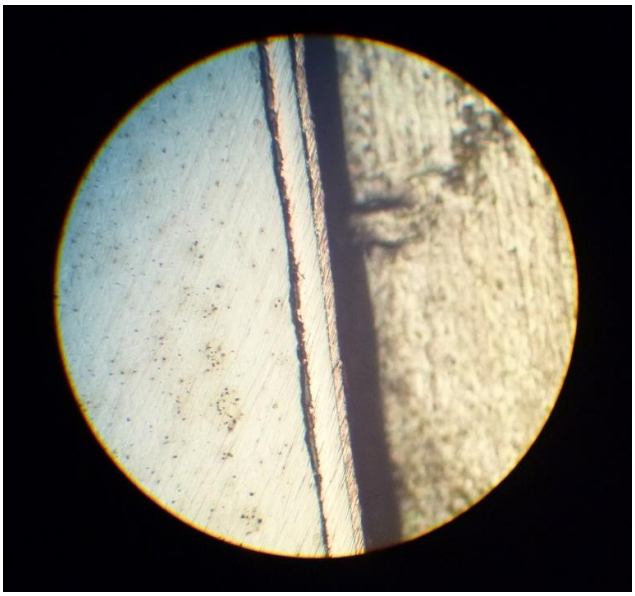
4. Experiment #2

Dalším experimentem bylo využití vysokoteplotních supravodičů chlazených kapalným dusíkem, jako zdroje poloidálního magnetického pole.



Obr. 4

Na obrázku nahoře můžeme vidět, že se samotný supravodič skládá z několika částí uspořádaných sendvičově. Samotný supravodivý materiál je pak extrémně tenký (1 µm – „(RE)BCO“). „HTS“ pak označuje „High Temperature Superconductivity“ tedy to, že materiál získává vlastnosti supravodiče při vysokých teplotách – proto bylo k chlazení využito „pouze“ kapalného dusíku.

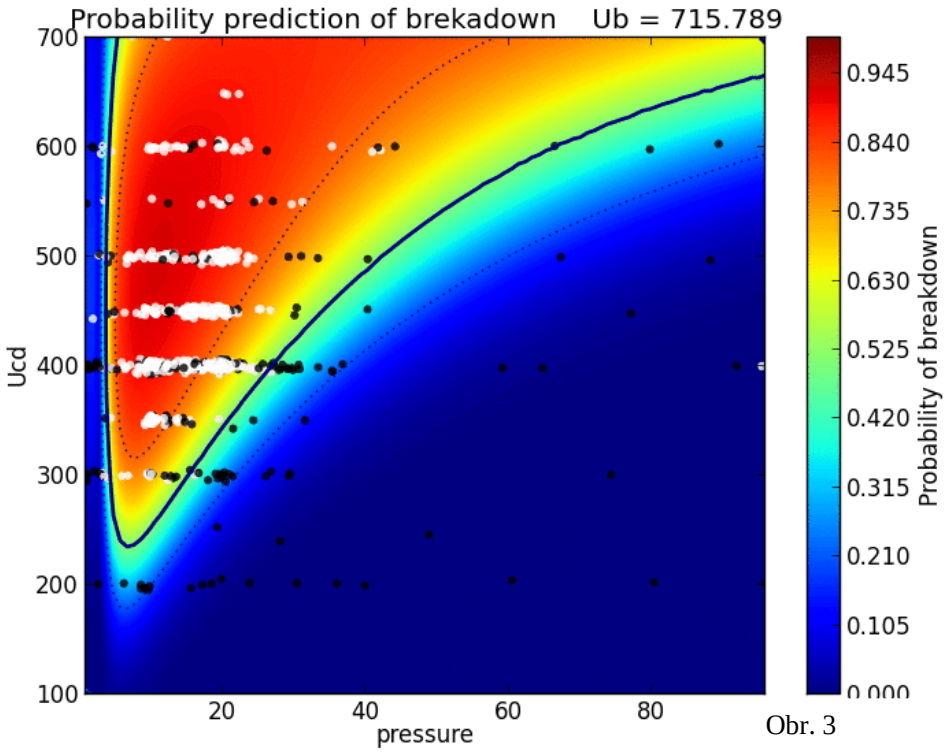


Obr. 5

Tentokrát na obrázku (obr. 5) můžeme vidět mikroskopovaný vzorek supravodiče, kde vlastním supravodivým materiálem je ona levá tenká černá linie.

5. Závěr

Naše měření splnila počáteční očekávání, TOKAMAK se dobře vyspal, a proto vše proběhlo bez větších problémů. Dokázali jsme potvrdit určitou křivku, která popisuje pravděpodobnost výskytu průrazu na TOKAMAKu Golem, sestávající se z tisíců měření.



Obr. 3

Měření se supravodiči pak dopadlo nad očekávání dobře. Vše fungovalo a nedošlo k žádnému pracovnímu úrazu tekutým dusíkem.

6. Reference

http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/ - obr. 1
http://golem.fjfi.cvut.cz/roperation/tasks/TrainingCourses/SCIWEEK/13/0613BreakdownStudieB/Level_I/index.php - obr. 2
http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Education/ExperimentMenu/BreakdownStudies/graf.gif – obr. 3
http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Experiments/HTS/rsrc/WireSpecification.jpg - obr. 4
http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Experiments/HTS/gallery/microscope/P1070736.JPG - obr. 5

Průrazové studie

„Breakdown studies“

D. Fáborský, E. Wetter, M. Vrána, M. Oravec, A. Zaykov
Supervisor: Tereza Růžičková
18.6.2013

Abstrakt

Úkolem tohoto experimentu bylo zjistit závislost tvorby plazmatu na napětí primárního vinutí (U_{cd}) a tlaku pracovního plynu (P).

1. Úvod

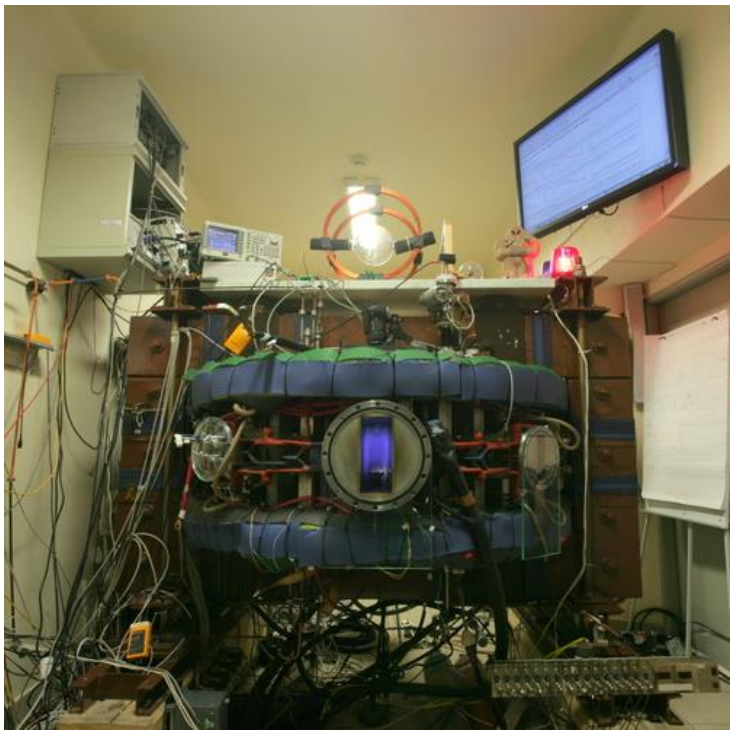
TOKAMAK je „nádoba“ používaná k vytvoření, udržení a zkoumání termojaderné fúze (v případě TOKAMAKu Golem pouze plazmatu), která má být v budoucnu velkým zdrojem energie. Plazma je vysoce ionizovaný plyn, který velmi dobře vede elektrický proud v závislosti na své teplotě. Plazma se ohřívá pomocí Faradayova principu elektromagnetické indukce. Aby se zabránilo styku plazmatu s komorou, využívá se toroidálních cívek, jež generují homogenní magnetické pole.

2. Teorie

V tomto experimentu jsme se zaměřili na zkoumání pravděpodobnosti „průrazu“ tedy stavu, při kterém vzniká plazma. A to za dvou konstantních hodnot U_b,=700 V, napětí na toroidních cívkách, a T=7000 μs, zpoždění vybití kondenzátorů. Ony kondenzátory se vybily do primárního vinutí (modré dráty ovinující jádro). To je součástí transformátoru, kde sekundárním vinutím je plazma samoté. Jelikož plazma vytváří jenom jeden závit, je zde obrovský transformátorový poměr, a tedy plazmatem prochází obrovský proud.

Vznik plazmatu v našem případě, kde jsme eliminovali U_b a T*, bylo závislé pouze na dvou proměnných – U_{cd}, P. U_{cd} je napětí primárního vinutí – „current drive“. P je pak tlak pracovního plynu, kterým zde byl vodík (H_2).

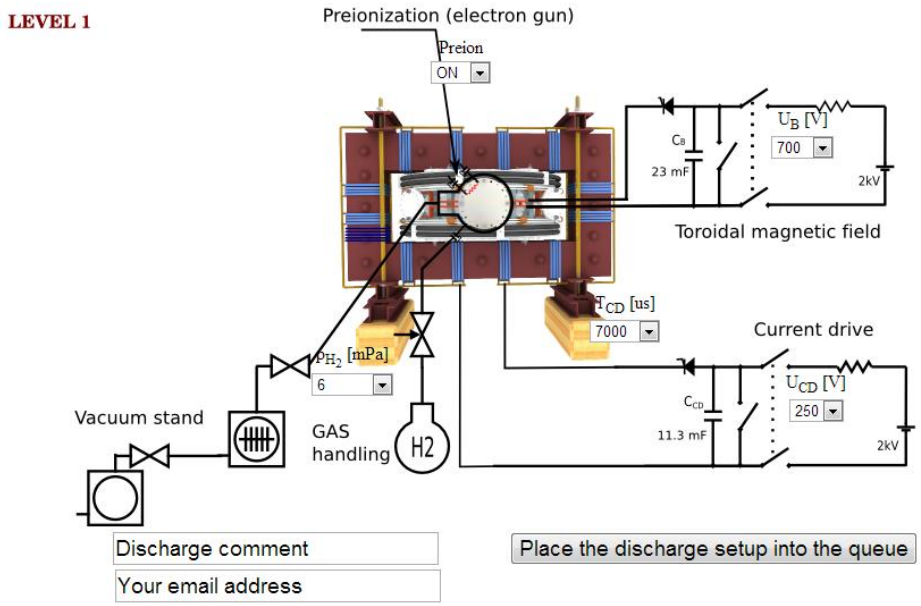
*Pro zvýšení pravděpodobnosti vzniku nabitých částic v komoře před vybitím kondenzátoru do primárního vinutí jsme využili preionizace. Ta byla zajištěna žhavením W-vlákna.



Obr. 1

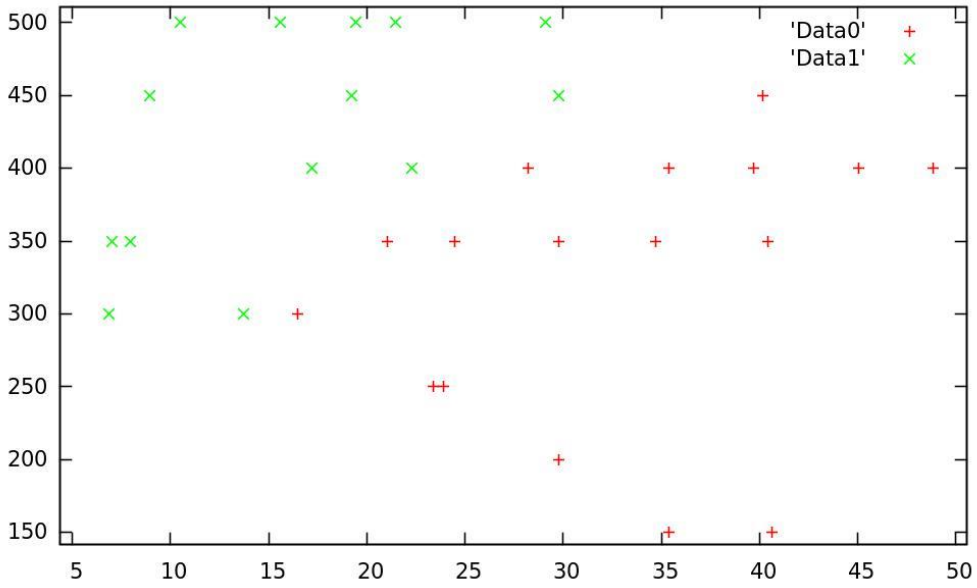
3. Experiment #1

Ve virtuálním velínu TOKAMAKu, jsme si vymezili hodnoty, pro proměnné shrnuté v předešlém bodu, a naplánovali několik výstřelů. Hodnoty se pohybovaly pro U_{cd} = <150; 500> V a P = <6; 50> mPa.



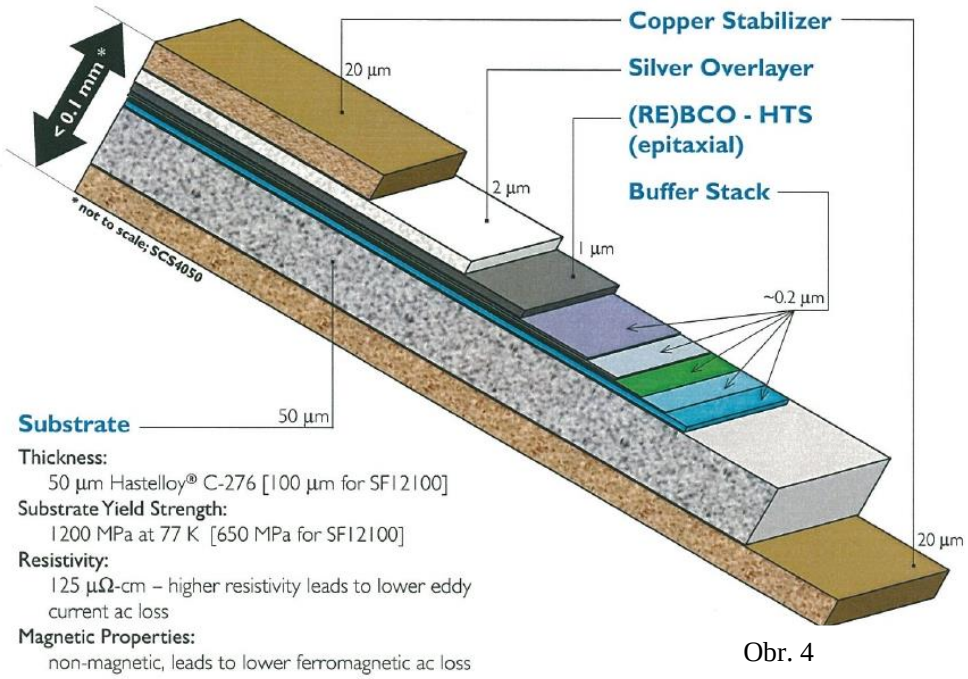
Obr. 2

Zároveň jsme díky datamining programu *BD.sh*, vytvořeného naším supervizorem, mohli využít i výsledků jiných skupin, které neodporovaly našemu zadání. Získali jsme vcelku zajímavý graf, kde zelené křížky označují vznik plazmatu a červené opak.



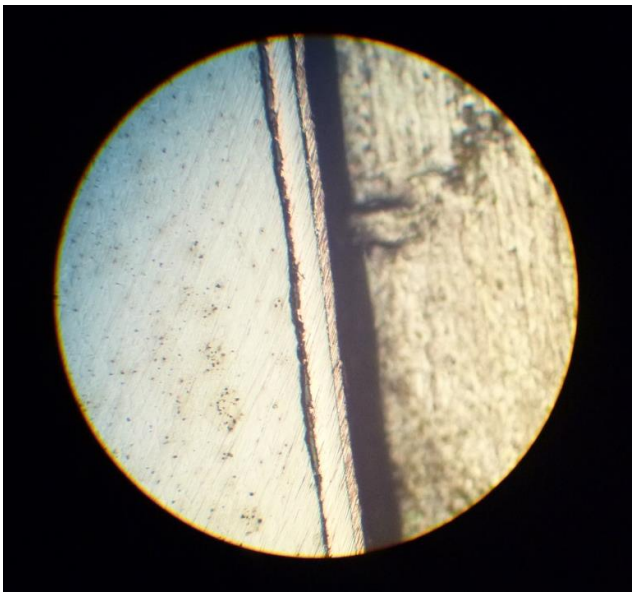
4. Experiment #2

Dalším experimentem bylo využití vysokoteplotních supravodičů chlazených kapalným dusíkem, jako zdroje poloidálního magnetického pole.



Obr. 4

Na obrázku nahoře můžeme vidět, že se samotný supravodič skládá z několika částí uspořádaných sendvičově. Samotný supravodivý materiál je pak extrémně tenký (1 µm – „(RE)BCO“). „HTS“ pak označuje „High Temperature Superconductivity“ tedy to, že materiál získává vlastnosti supravodiče při vysokých teplotách – proto bylo k chlazení využito „pouze“ kapalného dusíku.

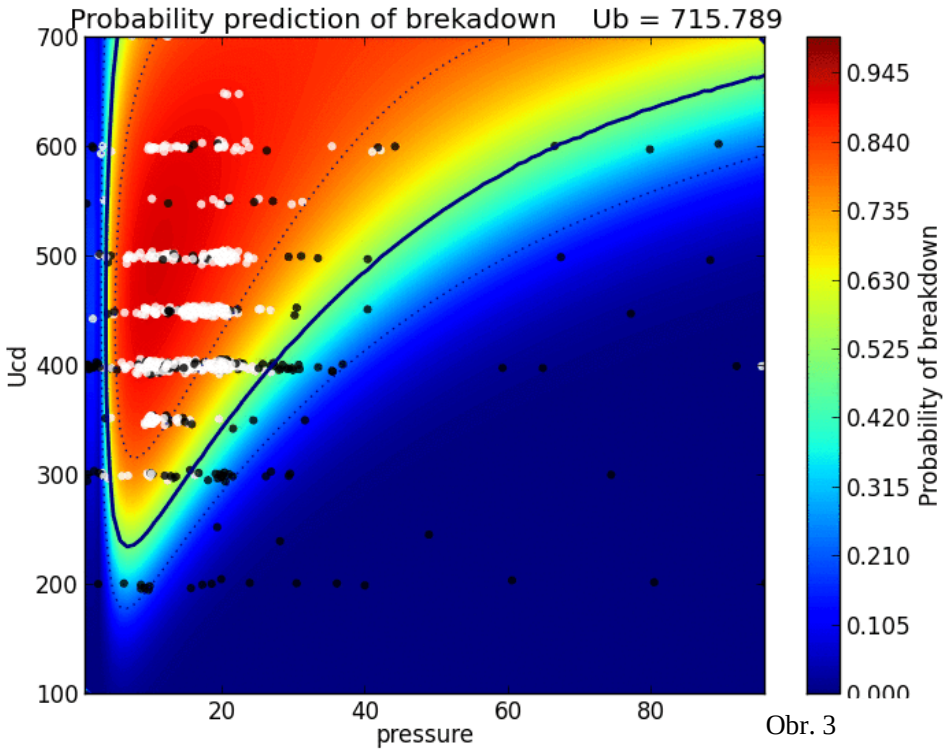


Obr. 5

Tentokrát na obrázku (obr. 5) můžeme vidět mikroskopovaný vzorek supravodiče, kde vlastním supravodivým materiálem je ona levá tenká černá linie.

5. Závěr

Naše měření splnila počáteční očekávání, TOKAMAK se dobře vyspal, a proto vše proběhlo bez větších problémů. Dokázali jsme potvrdit určitou křivku, která popisuje pravděpodobnost výskytu průrazu na TOKAMAKu Golem, sestávající se z tisíců měření.



Obr. 3

Měření se supravodiči pak dopadlo nad očekávání dobře. Vše fungovalo a nedošlo k žádnému pracovnímu úrazu tekutým dusíkem.

6. Reference

http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/ - obr. 1
http://golem.fjfi.cvut.cz/roperation/tasks/TrainingCourses/SCIWEEK/13/0613BreakdownStudieB/Level_I/index.php - obr. 2
http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Education/ExperimentMenu/BreakdownStudies/graf.gif – obr. 3
http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Experiments/HTS/rsrc/WireSpecification.jpg - obr. 4
http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Experiments/HTS/gallery/microscope/P1070736.JPG - obr. 5

Magnetohydrodynamické studie na tokamaku GOLEM

A. Hrnčiřík, M. Grof, V. Oupický, J. Žák, T. Lamich

Masarykovo gymnázium Vsetín, Vsetín
Gymnázium Christiana Dopplera, Praha
Gymnázium Nymburk, Nymburk
Gymnázium Brno, třída Kapitána Jaroše 14, Brno
Mendelovo gymnázium, Opava

adam.hrncirik@menza.cz
mates.grof@gmail.com
voj.oup@gmail.com
jirizak1@seznam.cz
tlamic@klikni.cz

Abstrakt:
Tato práce se věnuje problematice studií magnetohydrodynamických (MHD) struktur plazmatu na tokamaku GOLEM, specificky magnetických ostrovů. V rámci práce bylo zanalyzováno několik výstřelů odlišného bezpečnostního faktoru a studováno spojení mezí touto veličinou a fluktuacemi magnetického pole generovaného proudem plazmatu. Dále byla analyzována prostorová struktura fluktuací reprezentativního výstřelu a z ní vyvozeny závěry o jejím charakteru.

1 Úvod

V tokamakovém plazmatu teče proud, který je společně se silným toroidálním magnetickým polem důležitý pro udržení plazmatu. Obr. 1a popisuje neporušené rozložení tohoto proudu, zatímco obrázek 1b zobrazuje jeho prostorově periodickou poruchu. Ta se projeví přítomností poruch magnetického pole, které je generovaného tímto proudem. Tyto poruchy berou formu tzv. magnetických ostrovů, které zapříčiňují zhoršení parametrů plazmatu uvnitř ostrovů, což může vést až k zániku plazmatu. Tyto ostrovy mohou být detekovány jako fluktuace magnetického pole generovaného plazmatem, přičemž výskyt a tvar poruch závisí na globálních parametrech plazmatu. Tento vztah je blíže popsán v sekci 2 a jeho platnost prozkoumána v sekci 3. Závěry jsou shrnuty v sekci 4.

2 Teorie a metodika měření

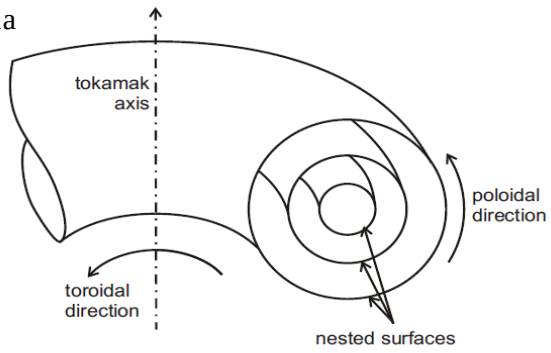
Důležitou veličinou je bezpečnostní faktor (safety factor – q), což je poměr kolikrát indukční čára magnetického pole oběhne toroidalni směr při jednom oběhnutí poloidálního směru (viz Obr 1 b) a jeho hodnota na okraji plazmatu, když se nachází vprostředku komory, se spočte jako:

$$q = \frac{2\pi a^2}{R_0 \mu_0} \frac{B_T}{I_p} = C \frac{B_T}{I_p}$$

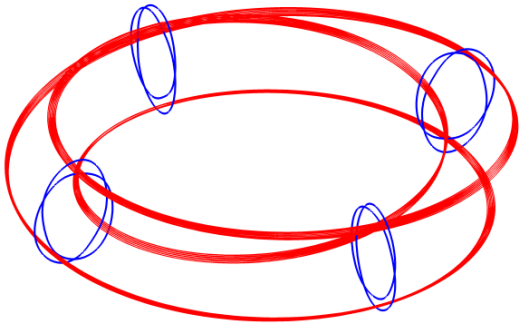
kde *a* je poloměr plazmatu, R_0 je velký poloměr, B_t je indukčnost magnetického toroidálního pole, I_p je proud plazmatu a μ_0 je permeabilita vakua. *q* závisí na 2 základních veličinách: *Bt* a *Ip* (jak je zmíněno ve vzorci nahoře). A také se mění v závislosti na vzdálenosti plazmatu od okraje komory. Hodnota q se mění v závislosti na poloze bodu v plazmatu, přičemž na okraji nabývá nejvyšších hodnot. Magnetické ostrovy se vyskytuji v místech plazmatu, kde *q* se rovná podílu dvou malých celých čísel (1, 2, 3, 4). V případě že q na okraji je blízké některé z těchto hodnot, tak jsou ostrovy dobře detekovatelné, protože jsou na okraji plazmatu.

Pomocí soustavy detekčních cívek (obr. 2 a, b) se měřila vysokofrekvenční fluktuace lokálního magnetického pole. Na izolaci fluktuací byly digitálním filtrem odstraněny frekvence nižší než 2 kHz. V první fázi měření se studovala souvislost bezpečnostního faktoru (globálních parametrů výboje) s amplitudou fluktuace na cívce č. 5. Ve druhé fázi se s použitím všech 16 cívek studovala prostorová struktura fluktuací.

1a

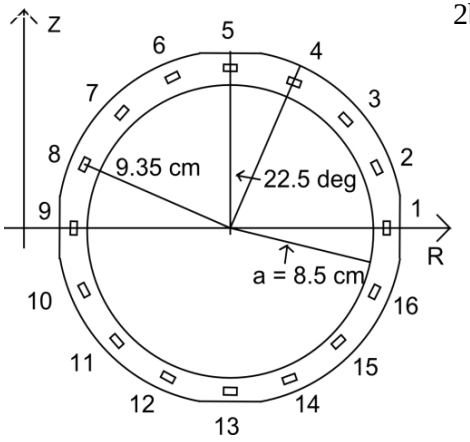


1b



Obr. 1: a) Profil neporušeného rozložení proudu v plazmatu [1]; b) Periodická porucha proudu sledující zakřivení magnetických indukčních čar

2a

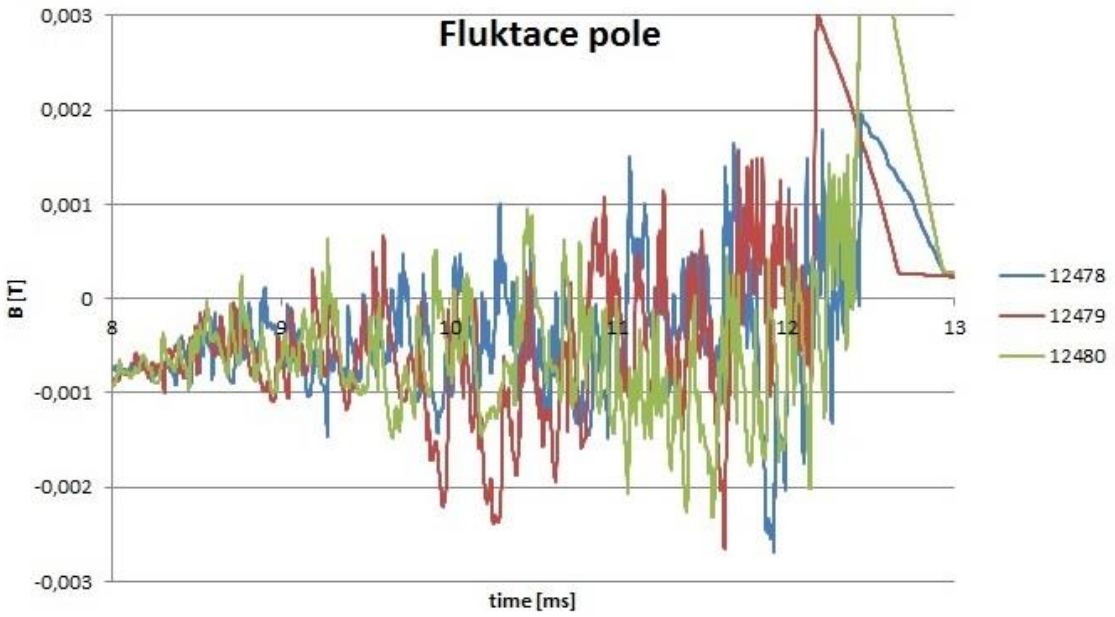


2b

Obr. 2: a) rozložení cívek po obvodu průřezu tokamaku; b) detekční cívky

3 Výsledky a diskuze

Vztah mezi fluktuacemi pole a bezpečnostním faktorem



Obr. 3: Vývoj fluktuací tří výstřelů se stejným bezpečnostním faktorem

V rámci měření byla provedena série 3 výstřelů se stejným bezpečnostním faktorem (globálním nastavení tokamaku) a byl analyzován průběh fluktuací. Graf na obrázku č. 3 zobrazuje, že při stejném bezpečnostním faktoru (obr. 4) je průběh fluktuací značně podobný jak z hlediska amplitudy fluktuací, tak i časového vývoje.

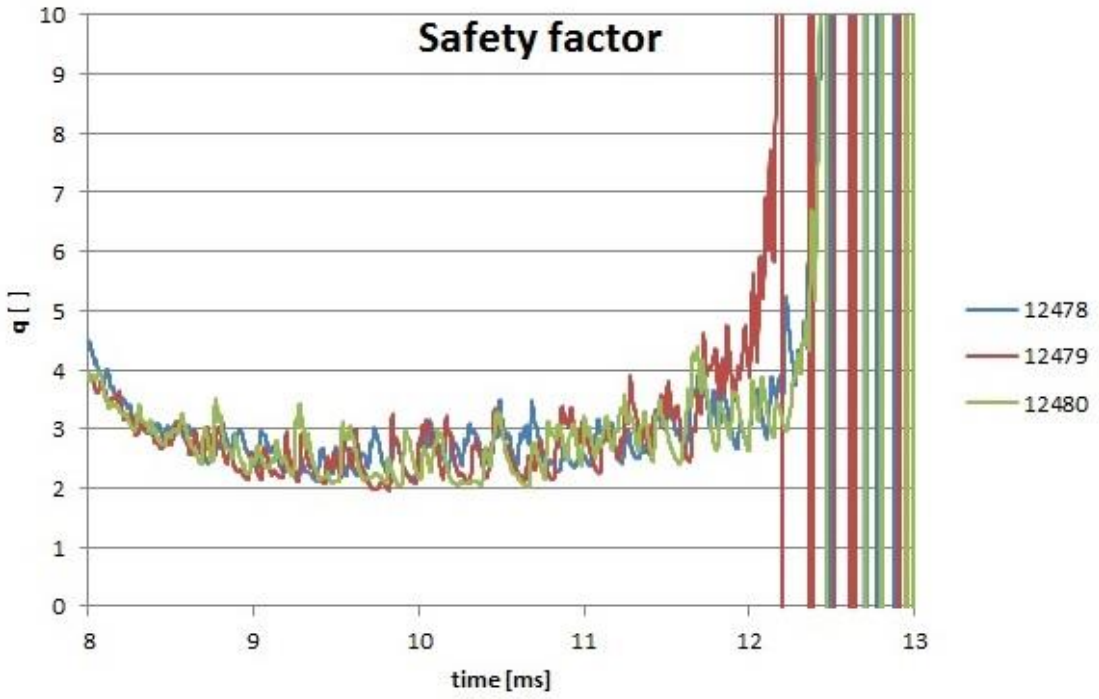
V rámci dalšího měření byly provedeny dva výstřely s odlišným bezpečnostním faktorem (viz obr. 5). Z obrázku č. 6 je pozorovatelný značný rozdíl časového i amplituidního průběhu sledovaných fluktuací.

Z obrázků č. 3 – 6 je patrné spojení velikosti bezpečnostního faktoru s mírou fluktuací, to implikuje, že jsou charakteru uspořádaných MHD struktur.

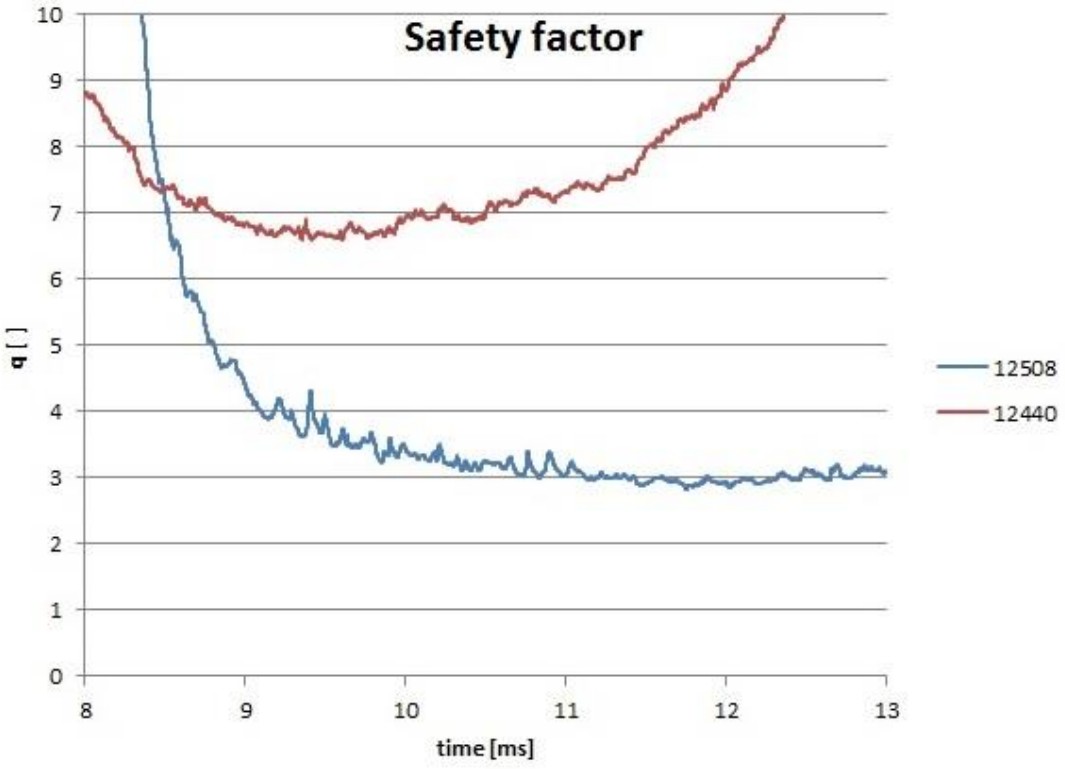
Prostorová a časová struktura fluktuací

Pro bližší prozkoumání detekovaných struktur jsme se zaměřili na relativně krátký časový úsek fluktuací, viz obrázek č. 7. Pro něj byla zpracována data ze všech 16 cívek.

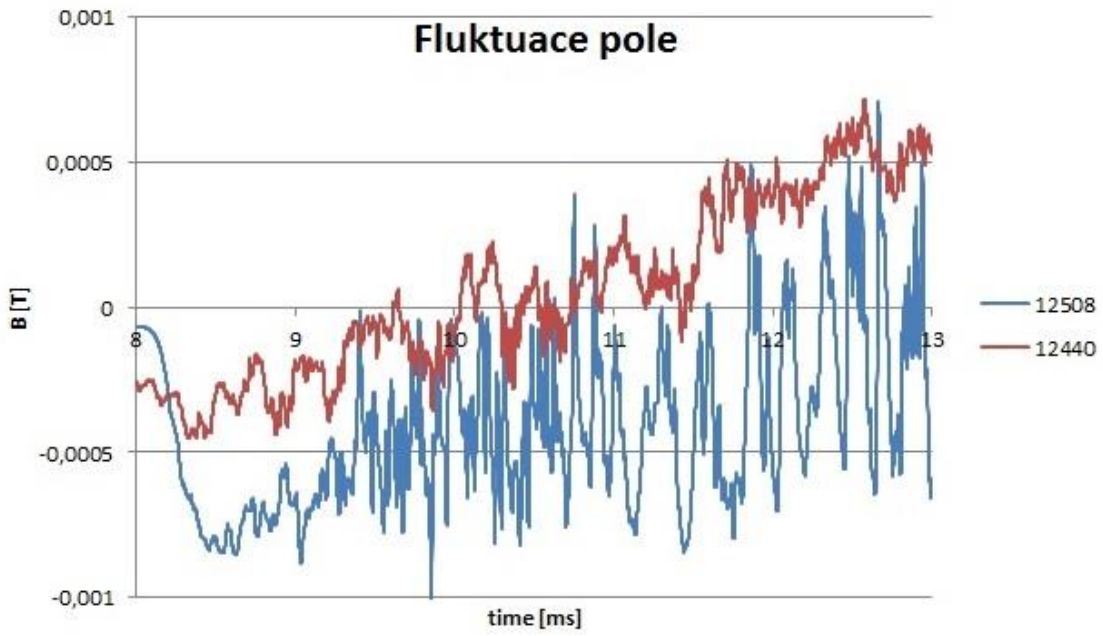
Je patrné, že tento průběh fluktuací při jednom časovém okamžiku zobrazuje magnetický ostrov s periodicitou tři, protože v každém časovém okamžiku jsou z obrázku zřetelné 3 maxima a minima fluktuace. V každém bodě při časovém průběhu je pozorovatelný, již zmíněný harmonický průběh fluktuací zapříčiněný rotačním pohybem ostrovů. V pozorovaném intervalu se hodnota bezpečnostního faktoru pohybovala kolem q = 3,86. Z toho lze vyvodit, že magnetický ostrov rotuje u okraje plazmatu.



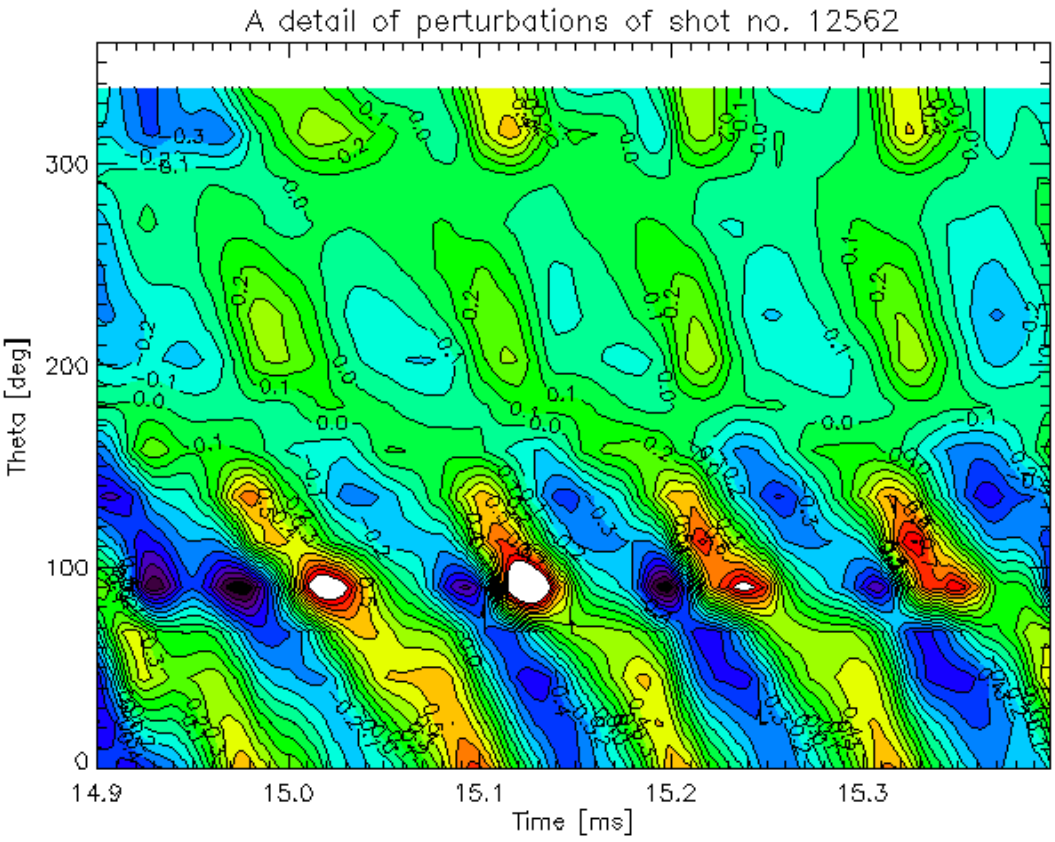
Obr. 4: Vývoj bezpečnostního faktoru tří stejných výstřelů v čase



Obr. 5: Vývoj bezpečnostního faktoru pro dva výstřely s různým globálním nastavením



Obr. 6: Fluktuace pro bezpečnostní faktor z obr. 5



Obr. 7: Časový vývoj fluktuací podél celého poloidálního obvodu za použití všech 16 cívek

4 Závěr

Při analýze tří výbojů se stejným bezpečnostním faktorem jsme pozorovali, že fluktuace magnetického pole generovaného plazmatem mají stejnou amplitudu a vývoj v čase. Také bylo pozorováno, že při výbojích s vysokým bezpečnostním faktorem je amplituda znatelně nižší. Při výbojích s nízkým bezpečnostním faktorem je amplituda fluktuace výrazná. Při pozorování vývoje fluktuací v čase je patrná jejich periodičnost. Pozorujeme-li fluktuace na všech 16 cívkách najednou, pak vidíme, že tato periodicita je způsobena rotací magnetických ostrovů. Jelikož je existence magnetických ostrovů vázána na nižší hodnoty bezpečnostního faktoru, tak u pokusů s vysokým bezpečnostním faktorem jsou fluktuace pole nižší.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI ČVUT za pořádaný Týden vědy, především pak našemu supervizorovi Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za a poskytnutí techniky a zázemí, dále garantovi našeho projektu Ing. Tomáši Markovičovi a všem pořadatelům.

Reference:

[1] BROTÁNKOVÁ J.: *Studium horkého plazmatu v experimentálních zařízeních typu tokamak*, Doktorská disertace, Katedra povrchů a plazmat, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Karlova universita v Praze, 2009

Základy řízení a diagnostiky na tokamaku GOLEM

S. Boula*; D. Dvořák*; A. Kufová**; D. Štěrba***; M. Šípka****
Gymnázium Christiana Dopplera*, Praha; Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec**; Mendelovo gymnázium, Opava***; Gymnázium P.O.H. Kežmarok****

Abstrakt:

Tato práce je věnována výzkumu abnormálního jevu při pokusech s plazmatem v tokamaku GOLEM. Zaměřili jsme se na výzkum doposud neprobádaného jevu, který byl považován za anomálii neznámé příčiny. Podařilo se nám částečně identifikovat podmínky, při kterých jev vzniká a také objevit ještě výraznější variantu tohoto jevu.

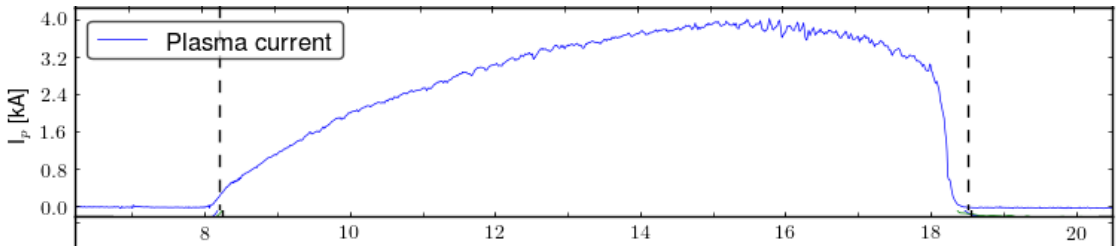
1. Úvod

Náš projekt obsahoval práci na tokamaku GOLEM, což je zařízení sloužící k vytváření a udržování vysokoteplotního plazmatu. Zabývali jsme se specifickým případem, kdy dochází k vícenásobným vzestupům proudu protékajícího plazmatem, kterýžto jev samovolně nastává ve zhruba 10 % všech experimentů na tokamaku, a to z doposud zcela neznámých příčin. Jedním z hlavních kroků vysvětlení příčiny je ustanovení podmínek, za kterých jev vzniká, čímž jsme se dále zabývali.

2. Experiment

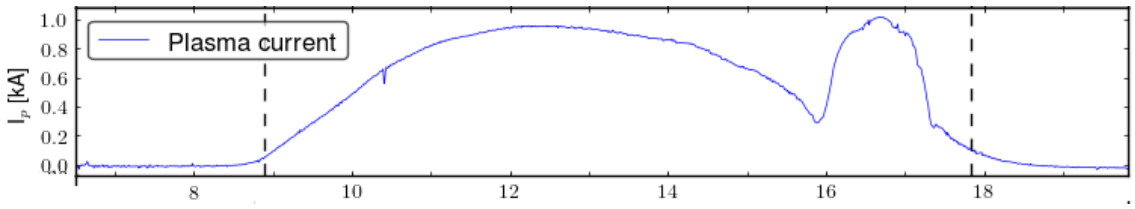
Odlišné typy křivek

Výboj z tokamaku lze charakterizovat mj. křivkou závislosti velikosti proudu plazmatu na čase. Typicky vypadá následovně.



Obrázek 1: výboj na tokamaku č. 12563 ze dne 18. 6. 2013

Po ionizaci plynu a vzniku plazmatu začne systémem protékat proud, jehož hodnota neustále roste až v určitém čase dosáhne maxima (v zobrazeném případě 15,4 ms) a nadále pouze klesá až k momentu vyhoření plazmatu a zastavení průtoku proudu.
Takovýto průběh je charakteristický pro zhruba 90 % všech zdařilých experimentů. Nicméně, ve zbylých případech se často stává, že lze zaznamenat významné odchylky, a to dvojí či vícenásobný vzestup proudu, jak můžeme vidět na následujícím grafu.



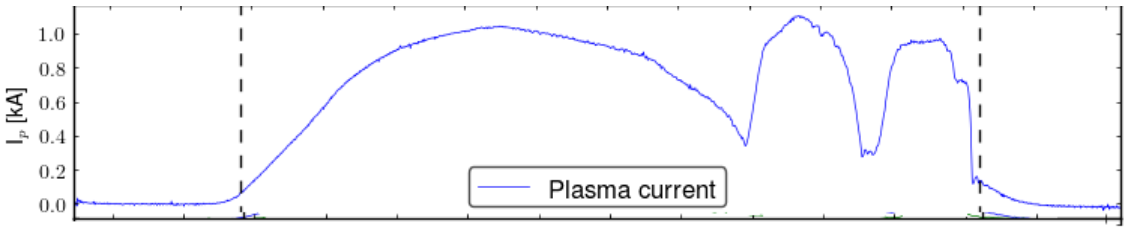
Obrázek 2: výboj na tokamaku č. 12498 ze dne 17. 6. 2013

Na tento jev jsme se rozhodli zaměřit a nadále zkoumali podmínky, při kterých nastává, abychom byli schopni jej reprodukovat, případně poskytnout podklad k jeho možnému vysvětlení.

Výsledky

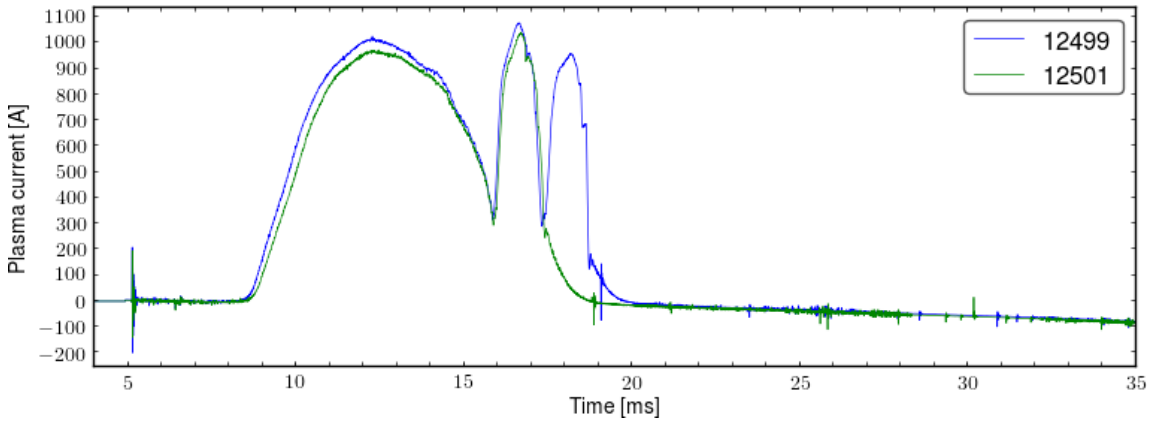
Při vytváření projektu jsme užili materiály z předešlých vystřelů z tokamaku GOLEM, ale taktéž jsme dostali možnost vytvářet vlastní experimenty na tomto přístroji. Z vykreslených křivek a daných podmínek jsme pak srovnávali experimenty, při který vícenásobný výstup vznikal častěji a při kterých naopak nevznikal vůbec. Každou ze závislých veličin (napětí na kondenzátorech představujících zdroj pro cívky vytvářející elektrické a magnetické pole, tlak ionizovaného plynu a časový posun mezi vznikem magnetického a elektrického pole) jsme jednotlivě označili za parametr, měnili jejich velikost a sledovali změmy, které nastaly, a pravděpodobnost, při které daný jev vznikal.
Z počátku jsme vyloučili parametry, při kterých plazma vůbec nevzniká.
Následně jsme procházeli databázi předchozích měření a sledovali, za kterých parametrů nejčastěji dochází k onomu jevu. Díky tomu jsme došli k hypotéze, že jev nastává s velkou pravděpodobností tehdy, když poměr mezi napětími kondenzátorů pro mag.a el. pole
je roven nebo se blíží 2:1 (pro podobné hodnoty obou napětí nenastává téměř nikdy). Experimentálně se podařilo potvrdit, že při takovýchto konfiguracích jev skutečně nastat může, nicméně pravděpodobnost jeho výskytu není natolik vysoká, aby bylo možno usuzovat, že právě tyto podmínky jsou pro vznik jevu ideální. Zkusili jsme tedy poměr zvyšovat. Při nízkém napětí kondenzátoru pro el. pole je velice nízká pravděpodobnost samotného průlomu, proto jsme se pohybovali převážně v hodnotách 300-500V. Spíše jsme se zaměřili na změny napětí pro magn. pole.

Za specifických podmínek (napětí pro magn. pole 1200-1400V, napětí pro el. pole 300-350V, tlaku 10 mPa) se nám dokonce podařilo objevit jev s trojitým vzestupem el. proudu v plazmatu. Tento jev nebyl ojedinělý, podařilo se nám ho několikanásobně reprodukovat i za mírných změn parametrů. Pro tento jev průběh el. proudu v plazmatu vypadá následovně.



Obrázek 3: výboj č. 12565 ze dne 18. 6 2013

Dále jsme se jali zkoumat závislost pravděpodobnosti výskytu jevu na dalších ovlivnitelném parametru, tlaku. V rámci našich experimentů jsme mj. pozorovali, že pro určitou kombinaci napětí na kondenzátorech se podařilo nalézt také i určité rozmezí tlaku, pro něž je pravděpodobnost výskytu vícenásobného vzestupu proudu maximální; pro výše zmíněný případ se toto pohybuje mezi 10 a 12 mPa, pro nižší, jakož i vyšší tlaky se již povedlo dosáhnout pouze vzestupu proudu dvojitého, případně průběhu zcela nezajímavého (tvaru podobného sinusoidě).



Obrázek 4: Porovnání proudu v plazmatu při výboji s jinak stejnými parametry, jen tlak byl odlišný o 2mPa

Z dat dále vyplynulo, že na časové prodlevě záleží pouze do té míry, aby se vůbec vytvořilo plazma, v případě že vzniklo tak se vícenásobný vzestup proudu odehrál při daných parametrech téměř vždy.

Dalším objevem byla změna jevu po vyčištění komory doutnavým výbojem, což je v podstatě vyboj v plynu, zde ve vodíku, ale při vyšším tlaku. Za stejných parametrů nevznikl trojitý vzestup proudu, ale pouze dvojitý. Pro vytvoření trojitého vzestupu bylo potřebné zvýšit napětí na kondenzátoru pro magn. pole.

Vypozorovali jsme, že u dvojitého a trojitého vzestupu proudu byl celkový průběh přibližně o 1 ms delší. Na druhou stranu ale byla maximální dosažená hodnota proudu nižší. Celkový náboj, který prošel, byl ale přesto větší.

3. Závěr

Po provedení měření jsme se rozhodli ustanovit tyto čtyři parametry, které ovlivňují tvar křivky, a popsat jakou mírou. Jedná se především o napětí na kondenzátorech. Ke kondenzátoru z obvodu pro vytváření elektrického pole lze říci, že jako optimální se nám při pokusech jevily hodnoty mezi 300 a 500V, pro hodnoty nižší je již pravděpodobnost průlomu příliš nízká na to, aby toto nastaveni bylo vhodné k našim experimentům. Pro kondenzátory z obvodu tvořícího magnetické pole jsme pak shledali vhodnými především hodnoty od 1000V výše, ačkoli pozorování jevu je možné i za jiných podmínek. Dalším významnou proměnou je tlak vodíku v komoře tokamaku. Pro některé kombinace hodnot napětí jsme totiž nalezli interval tlaků takový, že právě pro byla pravděpodobnost výskytu vícenásobného vzestupu proudu maximální, ostatní vyšší i nižší tlaky pak takovou vlastností již nedisponovalí. Co se časové prodlevy, posledního volitelného parametru výboje, týče, nabyli jsme dojmu, že nesehrává klíčovou roli, neboť ani při jejích významných změnách jsme na výsledném průběhu výboje nepozorovali žádných abnormalit. Provedli jsme také několika pokusů po vyčištění komory doutnavým výbojem. V těchto nových podmínkách jsme již ovšem při zachování ostatních parametrů trojitý výboj až na výjimky nepozorovali, můžeme tedy soudit, že i čistota komory je v našem experimentu relevantním parametrem.

REFERENCE

[1] [online]. [cit. 2013-06-18]. Dostupné z: http://golem.fjfi.cvut.cz/ (o tokamaku GOLEM)

Parametry záření laserové zubní vrtačky

E. Kleinová – Gymnázium Židlochovice, eliskakleinova@gmail.com
M. Vančura – Gymnázium J.V. Jirsíka ČB, marti.vancura@gmail.com
J. Stratilová – Gymnázium Slovanské náměstí 7, jojohana@hotmail.co.uk

Abstrakt:

Práce představuje měření parametrů laserové zubní vrtačky a její následné použití na zubech. Tato vrtačka je vhodnou alternativou mechanické vrtačky. Ta při odstraňování zubní tkáně vytváří vibrace způsobující pacientovi bolest.
Cílem práce je změřit parametry výstupního záření a jeho účinky na zubní tkáň.

1 Úvod

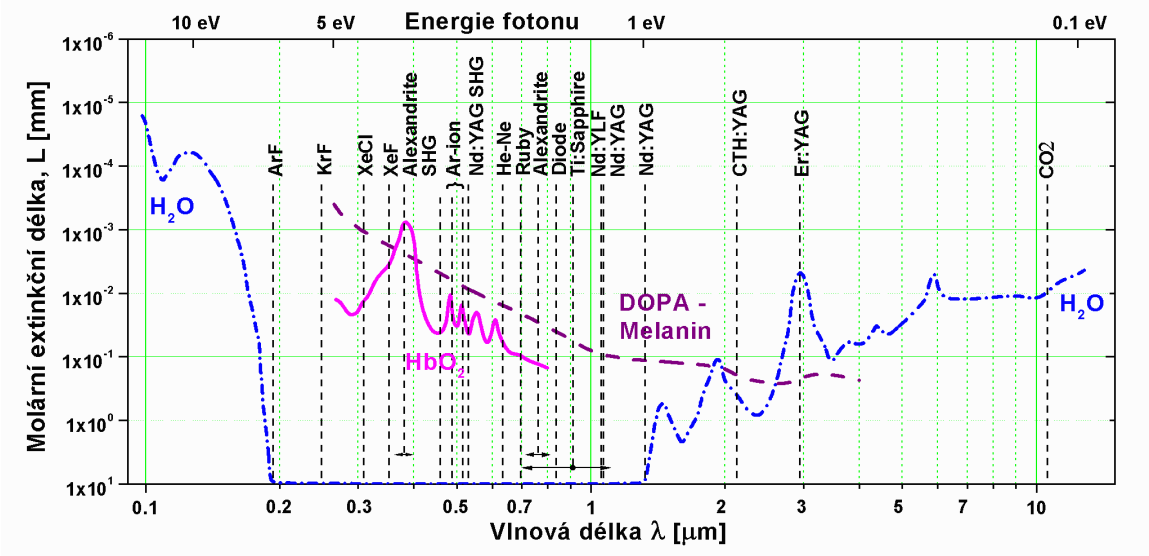
Laserová zubní vrtačka využívá laserového záření k odstranění zubní tkáně. Díky bezbolestnosti procesu se používá zejména na dětských odděleních. Její pořízení i provoz jsou ale nákladné a manipulace s ní vyžaduje delší praxi. V současné době se pracuje na vyvinutí přenosového systému laseru s lepší pohyblivostí, což se řeší nahrazení soustavy zrcadel v artikulačním rameni vrtačky optickým vláknem.
Úkolem naší práce je změřit výstupní energie záření laserové zubní vrtačky, délky jednotlivých pulsů při různých energiích, stopu laseru v ohnisku, rozdíl hloubky vrtu v zubní sklovině a v dentinu a vyzkoušet si manipulaci se zubní vrtačkou.

2 Lasery

Laser = Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation (zesilování světla stimulovanou emisí záření).
Laser vytváří svazek koherentních a monochromatických paprsků. Svazek se generuje v aktivním prostředí při jeho ozáření například světlem z výbojky.
Aktivním prostředím může být pevná látka, plyn, kapalina nebo polovodič.

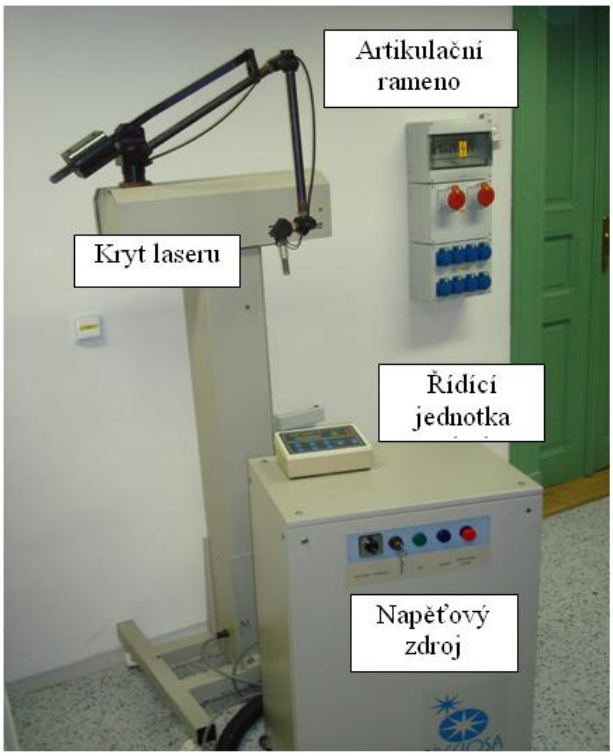
3 Er:YAG laser

Při použití laserů v medicíně je hlavním parametrem absorpce záření ve vodě, ta vypovídá o množství předané energie mezi zářením a tkání.
Nejlépe se absorbuje záření právě z Er:YAG laseru (Obr. 1). Aktivním prostředím je krystal Erbium:Yttrium Aluminium Garnet, který produkuje záření o vlnové délce 2,94 μm. Toto prostředí je umístěno v rezonátoru, který tvoří dvě zrcadla, z nichž jedno je totálně odrazné a druhé polopropustné (v našem případě byla propustnost 25%).



Obr. 1: Srovnání absorpce záření různých laserů

4 Popis zubní vrtačky



Vrtačka se skládá z Er:YAG laseru, který je uložen v krytu. Na něj je napojené artikulační rameno se soustavou odrazných zrcadel, zakončené fokusační čočkou (spojka). K vytvoření dostatečně silného záření je potřebné velké napětí, to vyprodukuje napěťový zdroj. Tím se však soustava (aktivní prostředí a výbojka) zahřívá, proto je nutné chlazení vodou.

Pomocí řídícího panelu je možné měnit energii záření, frenkvenci a počet pulsů, také uvádí celkový počet pulsů.

Obr. 2: Zubní vrtačka Preciosa

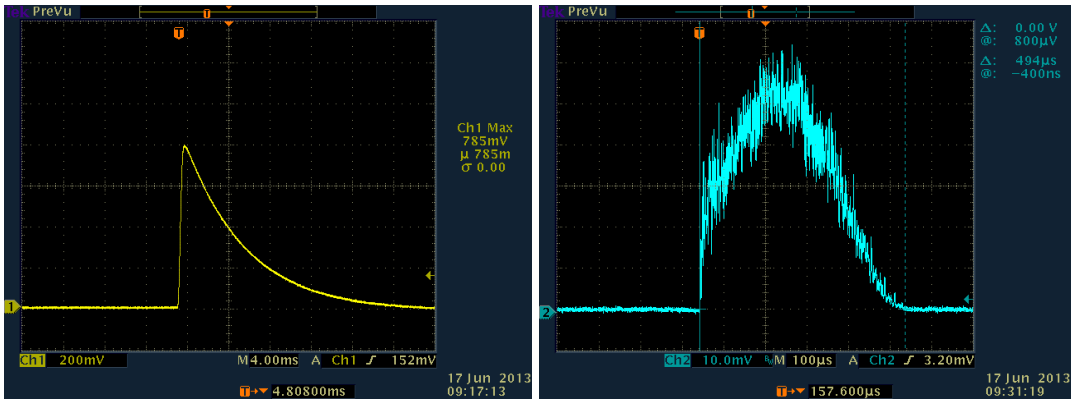
5 Parametry výstupního záření

Měření jsme prováděli pomocí sond připojených k osciloskopu Tektronix TDS 3052B. Energii jsme zjišťovali prostřednictvím energetické sondy Coherent J25LP-ERBI a délku pulsu fotodiodou.

Hodnoty z napěťové sondy jsme přepočítali pomocí koeficientu na výstupní energii záření. Souhrn parametrů je v tabulce 1. Příklady oscilogramů jsou na obrázku 3.

Tabulka 1: Naměřené parametry laserového záření

	Vstupní energie = 49 J	Vstupní energie = 65 J	Vstupní energie = 84 J	Vstupní energie = 105 J
Výstupní energie (f = 1 Hz)	42 mJ	135 mJ	252 mJ	382 mJ
Výstupní energie (f = 3 Hz)	39 mJ	119 mJ	220 mJ	319 mJ
Délka pulsu (f = 1 Hz)	278 µs	410 µs	494 µs	530 µs



Obr. 3: Vlevo: napěťová odezva z energetické sondy, vpravo: délka pulsu z fotodiody

Z hodnot vyplývá, že účinnost laseru při čerpání výbojkou je velmi malá.

Dále jsme změřili obsah stopy svazku v ohnisku zaznamenané na fotopapíru za využití mikroskopu a speciálního počítačového programu.

Ze zjištěných hodnot jsme vypočítali další parametry, shrnuté v následující tabulce:

Maximální výstupní energie E [mJ]	382
Délka generovaného impulsu τ [µsec]	530
Špičkový pulsní výkon P [W]	721
Obsah stopy svazku v ohnisku (252 mJ, f=1 Hz) S [cm^2]	0,0011
Hustota energie v ohnisku (252 mJ, f=1 Hz) F [J/cm^2]	229
Hustota výkonu (252 mJ, f=1 Hz) W [W/cm^2]	463745

6 Perforace zubní tkáně

Zjišťovali jsme, kolik pulsů je třeba k provrtání vzorku zubu o tloušťce 1,2 mm. Použili jsme výstupní energii 252 mJ. Výsledný počet pulsů byl 17.

Kvůli chybějícímu rozprašovači vody jsou okraje vrtu spálené. V praktickém užití se tento rozprašovač vždy používá.

Dále jsme porovnávali hloubku vrtu do skloviny a do dentinu při použití stejné výstupní energie a počtu pulsů (20). Zjistili jsme, že vrt do dentinu je hlubší, tudíž jsme odvodili, že je měkčí než sklovina.

Vyzkoušeli jsme si i manipulaci s ramenem zubní vrtačky během vrtání do zubu.

Obr. 4: Vrt zubem

7 Shrnutí

Základem laserové zubní vrtačky je Er:YAG laser. Je vhodný díky vysoké absorpci jeho záření ve vodě. Pro lepší pohyblivost artikulačního ramene se v budoucnu uvažuje o přenosu žáření optickými vlákny.
Pomocí osciloskopu Tektronix TDS 3052B jsme naměřili parametry výstupního záření.
Při pokusech na zubní tkáni, jsme zjistili, že k rychlejšímu vrtání je potřeba vyšší frekvence, což vyžaduje lepší chlazení, které se využívá v praxi. Oproti použití v ordinacích jsme neměli k dispozici rozprašovač vody chladící zub při zákroku, proto docházelo ke spálení zubu.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za umožnění práce na tomto projektu a také za přístup k jejím laboratořím.

Zvláštní poděkování patří garantovi našeho projektu panu Ing. Michalu Němcovi, Ph.D.

Měření kosmického záření

Marek Koščo, Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina
marek.kosco@gmail.com

Martin Málek, Gymnázium L. Jaroše, Palackého 524 Holešov
malek.martin311@seznam.cz

Dušan Ondírko, Gymnázium F.V.Sasinka, Námestie slobody č.3 Skalica
dusan.ondirko@gmail.com

Petr Štencl, Gymnázium Českolipská, Českolipská 373 Praha
petr.stencl@icloud.com

Samuel Tomašec, Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina
samueltomasec@gmail.com

Andrea Závadská, Gymnázium Karviná, Mírova 1442
andrea.zavadska@gmail.com

Abstrakt:

Kosmické záření je jednou ze složek přirozené radiace. Naším úkolem bylo změřit celkovou radiační zátěž v různých nadmořských výškách během letu do 4800 m n. m. a určit, jak se mění podíl jednotlivých složek přirozeného ionizujícího záření v závislosti na nadmořské výšce. Z našeho měření vyplývá, že ve výšce přibližně 800 m n. m. dosahuje intenzita přirozené radiace minima. Od této výšky začíná převládat kosmická složka radiace. Ve výšce kolem 3500 m n. m. dosahuje radiační zátěž přibližně stejných hodnot jako na zemi.

Ionizující záření

Země je neustále bombardována ionizujícími částicemi dopadajícími z kosmu. Před těmito částicemi jsme chráněni magnetickým polem Země a její atmosférou. Co to ale ionizující záření je? Je to záření, které ionizuje prostředí (molekuly, atomy nebo jejich jádra) jimž prochází. Jeho zdroje mohou být přírodního i umělého původu. Přírodní dělíme dále na kosmické a terestriální (tato složka pochází z radionuklidů nacházejících se v zemské kůře).

Mezi umělé řadíme např. urychlovače částic, rentgen, jaderné elektrárny, atd.… Nejvýznamnějšími terestriálními zdroji jsou např. ^{222}Rn nebo ^{40}K.

Kosmické záření objevil roku 1912 rakousko-americký vědec Victor Franz Hess (24.6. 1883 – 17. 12. 1964), nositel Nobelovy ceny za fyziku.

Obr.1: Victor Franz Hess v koši balonu Böhmen v Ústí nad Labem dne 7. srpna 1912.
Obrázek pochází z Wikimedia Commons.

Krátce po jeho objevení byly jeho vlastnosti podrobně zkoumány mnohými významnými vědci jako J. Clay (plavbou s ionizační komorou na lodi dokázal, že primární částice kosmického záření jsou nabité částice),B. Rossi a P. Auger (objevili generování tzv. sprškek, tzn. sekundárních částic generovaných při interakci primárních vysokoenergetických částic s atmosférou).

Dnes víme, že podle zdroje kosmického záření je v blízkosti Země možné vyčlenit tři hlavní skupiny. První skupinu tvoří tzv. galaktické kosmické záření a přichází z oblasti mimo sluneční soustavu. Spektrálně ho tvoří kolem 98% protonů a těžších iontů (baryonová složka; 87% protony, 12% jádra hélia a zbytek ionty od Li až po U) a 2% elektronů a pozitronů (leptonová složka). Druhou skupinu tvoří částice emitované sluncem při slunečních událostech, které tvoří převážne protony, elektrony a také některé ionty. Intenzita sluneční složky závisí na aktuální fázi 11-ti letého slunečního cyklu. Poslední skupinu tvoří nabité částice zachycené magnetickým polem Země pohybující se v tzv. van Allenových pásech. Rozlišujeme dva pásy - vnitřní a vnější. Vnitřní je tvořen vysokoenergetickými protony s energiemi od několik do několik stovek MeV se širokým píkem v oblasti 150 - 250 MeV. Vnější je tvořen elektrony s energiemi až do 7 MeV.

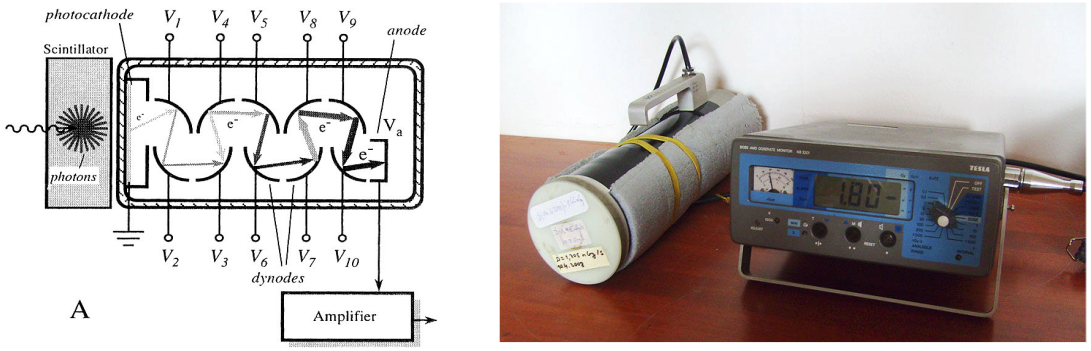
Částice kosmického záření představují významné riziko zejména pro umělé satelity Země, posádku Mezinárodní kosmické stanice a nebo piloty a další zaměstnance pracující na palubách letadel. Před kosmickým zářením jsme chráněný hlavně magnetickým polem Země a atmosférou.

Experiment

Během experimentu byly provedeny tři lety na příbramském letišti, dne 16.6.2013. Na palubě letadla L-410 Turbolet jsme při každém letu vystoupali do maximální výšky 4800 m n.m.

K měření efektivní dávky jsme použili scintilační detektor TESLA NB 3201. Při průchodu IZ scintilační sondou dochází ve scintilačním materiálu k jeho excitaci přičemž při deexcitaci emituje světelný foton. Množství emitovaného světla je úměrné množství záření, které detektorem prochází. Náš detektor byl kalibrován tak, že měřil hodnotu tzv.

fotonového dávkového ekvivalentu, který lze při měření na letadle pokládat za absorbovanou dávku ve scintilačním materiálu. Správné nastavení přístroje se ověřuje pomocí kontrolního zářiče ^{137}Cs, což je gama zářič s energií 661,7 keV a poločasem přeměny 30,17 let.

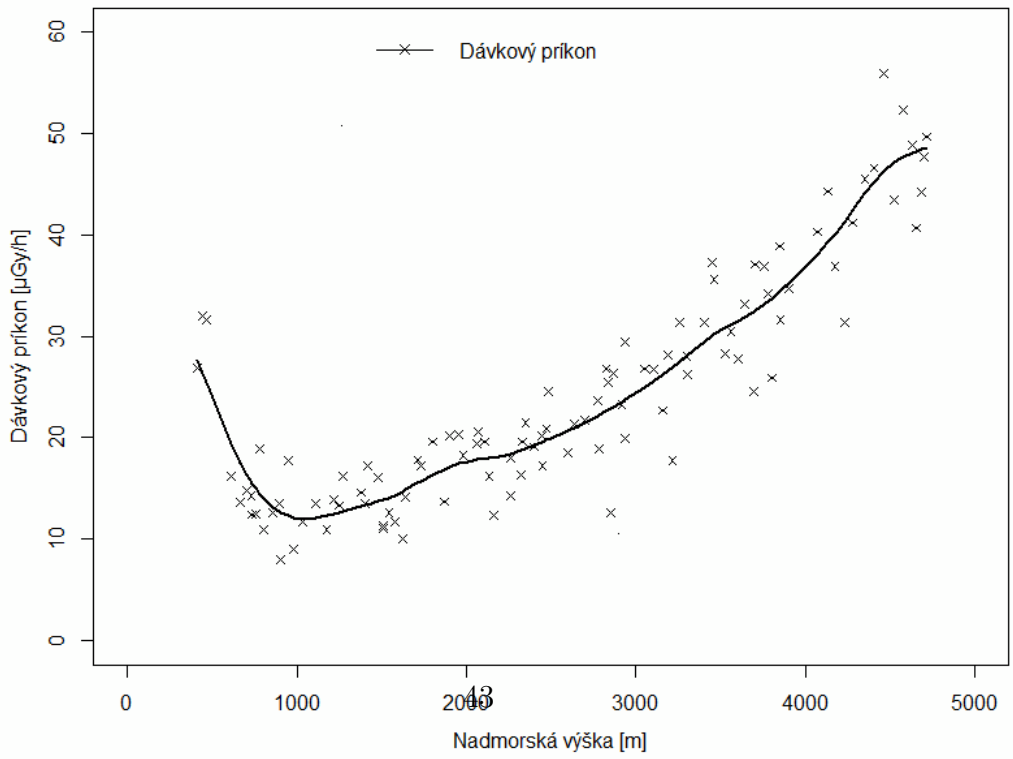


Obr.2: Fotografie scintilačního detektoru Tesla NB 3201 (vpravo) a schéma činnosti scintilační sondy (vlevo). Procházející záření vytvoří v scintilačním materiálu záblesk, který uvolní z fotokatody fotonásobiče elektrony. Tyto elektrony jsou urychlovány systémem dynod, které navíc lavinovitě zvětšují celkový počet elektronů. Elektrony pak dopadnou na anodu a elektrický impuls, který vytvoří je pak úměrný intenzitě záření.

Ke kontrole výšky jsme použili systém GPS.

Výsledky

Výsledky všech tří měření jsme kvůli statistice spojili do jednoho grafu, protože cestou dolů byl problém zapisovat s „levitující tužkou“. Na výsledcích je jasně vidět jak s rostoucí nadmořskou výškou klesá hodnota terestriálního záření a pak od 800 m n.m. exponenciálně stoupá vliv kosmického záření.



Závěr

Výsledky měření ukazují, že dávkový příkon na zemi a ve výšce kolem 4000 m n.m. je přibližne stejný. Piloti Turboletu se proto nemusí obávat kosmického záření. Pokud by chtěli ale minimalizovat dávku od přírodního pozadí, měli by zůstat ve výšce cca 800 m n.m.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizačnímu týmu TV@J za finance, dále našemu supervizorovi Ing. Jánu Kubančákovi za pomoc a podporu při miniprojektu, dále RNDr. Lence Thínové za dopravu na příbramské letiště a zpět a letišti v Příbrami za umožnění výzkumu.

Reference:

[1] http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm

[2] https://sites.google.com/site/kdaizfjfi/informace-o-studiu/magisterske-studium/dozimetrie-a-aplikace-ionizujiciho-zareni/vyzkum/dozimetrie-kosmickeho-zareni

[3] http://cz7asm.wz.cz/fyz/index.php?page=iozar

Počítačové algebraické systémy

J. Dvořák, M. Hanzík, M. Honek, R. Koběrský, J. Kuchyňka, Z. Sýkora
FJFI ČVUT, Trojanova 13, Praha 2
martin.hanzik@gmail.com

Abstrakt:

Počítačové algebraické systémy se vyvíjí už několik desetiletí. Jejich masovému rozvoji donedávna bránila jejich příliš vysoká cena, avšak v poslední době jejich funkci přejímají i některé kalkulačky za necelých tisíc korun. Některé programy jsou placené, ale jejich cena není tak vysoká jako dříve. Existuje řada těchto systémů jako aplikace na osobní počítače vydávaná pod freeware licencí a dokonce jsou i internetové aplikace bez nutnosti instalace. Zjednodušuje se také jejich ovladatelnost a přístup k průvodcům těmito systémy.

Na některé počítačové algebraické systémy jsme se zaměřili a nastínili vám jejich možnosti v tomto dokumentu.

1 Úvod

Rozhodli jsme se porovnat nám dostupné počítačové programy k řešení algebraických problémů. Programy které budeme porovnávat jsou Mathematica, Maple a webová databáze WolframAlpha.

Metoda porovnávání nebude nijak složitá. Vybereme několik ne zrovna jednoduchých funkcí a jejich grafy vytvoříme v už zmíněných algebraických systémech. Porovnávat budeme zejména schopnost vyřešit tyto funkce, jednoduchost práce se systémy a samozřejmě také dostupnost.

2 Co to jsou PAS?

Počítačové algebraické systémy (PAS) jsou určeny především k řešení matematických problémů. Stejně tak jako matematik systémy PAS ovládají pravidla algebry a matematické analýzy, které se učíte ve škole. PAS například umí řešit rovnice, zjednodušovat výrazy, počítat derivace či integrály a kreslit grafy. PAS pracují přímo se symboly, kterými jsou např. rovnice tvořeny, což znamená, že zachovávají obecnost tak dlouho, dokud nepotřebujeme číselnou odpověď. PAS umí vykreslovat nejen grafy dvojrozměrné či trojrozměrné, ale také v nich lze tvořit pokročilejší grafiku, jako např. animace, pole vektorů, parametrické křivky nebo dynamické systémy.

3 Mathematica

Mathematica představuje po dvacetiletém vývoji světově nejznámější programový systém pro provádění numerických a symbolických výpočtů a vizualizaci dat. Znamená zásadní průlom, který velkou měrou rozšíří možnosti a aplikovatelnost Mathematiky - umožňuje řešit projekty libovolného rozsahu od rutinních výpočtů až po velkosystémová řešení - a tím změnit naše dosavadní myšlení o výpočtech.

Klíčovými rysy nové verze Mathematica jsou automatizované numerické a symbolické výpočty, účinná adaptivní vizualizace, dynamická interaktivita a vysoce výkonné programovací prostředí.

Díky tomu nachází Mathematica široké uplatnění zejména v oblasti vědecko-technických výpočtů, statistickém zpracování dat, finančním managementu atd.

Práce s Mathematicou

I když syntaxe Mathematicy neni příliš intuitivní, se základní znalostí pojmů (a hlavně technické angličtiny) je možné s tímto programem jednoduše pracovat. Dokumentace je velmi kvalitní, takže pokud neznáte syntax žádných programovacích jazyků, kterým se jazyk Mathematicy podobá, není těžké začít zpracovávat matematické problémy s použitím zápisů a znaků, které nás vyučují ve škole. Navíc je možné použít syntaktický procesor Wolfram Alpha a zapisovat příkazy stejným způsobem – prostou angličtinou, pomocí internetu jsou převedeny na syntax Mathematicy.

4 Maple

Program *Maple* slouží k matematickým výpočtům, k simulacím (matematickým, fyzikálním, chemickým apod.) a k programování převážně matematických algoritmů. Hlavní nasazení programu Maple je v řešení soustav matematických rovnic a výrazů. Výsledkem těchto výpočtů mohou být vzorce, výsledná hodnota nebo graf. Pro všechny tyto možnosti je Maple dobře uzpůsoben.

Maple lze také s úspěchem využít pro řešení numerických příkladů. Zde se projeví takové možnosti, jako velký rozsah a přesnost zobrazení reálných čísel, možnost zobrazení výsledků pomocí zlomků, odmocnin a symbolických konstant. To je veliký rozdíl oproti jiným programům, které se pro tento účel také používají, ale číselný rozsah je přímo dán velikostí datových typů matematického koprocesoru (z těchto programů jmenujme například Excel firmy Microsoft).

Práce s Maple

Maple se ve svých možnostech hodně blíží Mathematice, v některých věcech, jako například v počtu možných funkcí, ji o hodně předbíhá. Syntax, kterou používá je jiná, blíží se více tůzným programovacím jazykům. S těmito jazyky má také lepší propojení a lépe pracuje s externími programy.

5 WolframAlpha

Wolfram Alpha je v současné době asi nejlepší online nástroj pro matematické výpočty, naleznete ho na adrese wolframalpha.com. Celé prostředí je v angličtině, ale obyčejně stačí do vstupního pole vepsat výraz, který chcete vypočítat a Wolfram Alpha už si s tím nějak poradí. Hodí se znát pár klíčových slov, jako že když chcete derivovat, stačí před výraz napsat „derive“.

Práce s WopframAlpha

První čeho si na WolframAlpha všimnete je, že spíš vypadá jako vyhledávač než algebraický systém. Je to svým způsobem pravda, WolframAlpha má obrovskou databázi ve které lze vyhledávat různé údaje o populaci, počasí, velkých firmách nebo třeba fyzikálních jevech. Řešení algebraických úkolů je taková třešnička na dortu, avšak má obrovskou výhodu proti ostatním algebraickým sytémům. WolframAlpha nemá striktní syntaxi, takže můžete psát naprosto intuitivně a tento program vám s největší pravděpodobností porozumí.

6 Výsledky

Program	Výhody	Nevýhody
Mathematica	kvalitnější optimalizace, větší možnosti grafického zobrazení, možnost použití angličtiny jako syntaxe (pomocí WolframAlpha)	placená licence
Maple	lepší numerický model, export do více programovacích jazyků	placená licence
WolframAlpha	snadná ovladetelnost, přístup odkukdoli z internetu, velká databáze a spousta dalších možností a využití	nedosahuje stejného výkonu

7 Diskuse

Podle výsledků můžeme tyto programy rozdělit na dvě části. Do první, pro nás zajímavější, bude patřit WolframAlpha. Tento program je zdarma přístupný odkudkoli z internetu, z toho vyplývá, že kdokoli má zájem, tak může s tímto porgramem pracovat. To podpoří i fakt, že práce s ním je velmi jednoduchá a intuitivní, navíc má mnoho dalších možností, než jen algebru.

Zbylé dva programy zařadíme do další skupiny, ty se vyznačují zejména striktní syntaxí a placenou licencí, což lajkům znemožňuje práci s nimi. Tyto programy jsou tedy vhodné spíše pro pokročilé. Mají mnohem více možností v algebraických operacích.

8 Shrnutí

Algebraické systémy jsou programy vytvořené pro řešení symbolických výpočtů. Existují už relativně dlouhou dobu, ale staly se využívanější a populárnější z důvodu snížení cen. Setkali jsme se s programy Mathematica, Maple a WolframAlpha. Nejznámějším z nich je Mathematica, která se využívá pro provádění numerických a symbolických výpočtů a vizualizaci dat. Na ni navazuje WolframAlpha, jakožto jednoduchý online nástroj, pracující na základě své ohromně rozsáhlé databáze. Maple je využíván převážně pro řešení matematických simulací, rovnic a k programováni matematických algoritmů.

9 Poděkování

Děkujeme panu Dr. Ing. Milanu Šiňorovi za vysvětlení problematiky počítačových algebraických systémů a všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce.

10 Reference

http://www.matweb.cz/nastroje

https://wiki.metacentrum.cz/wiki/Mathematica

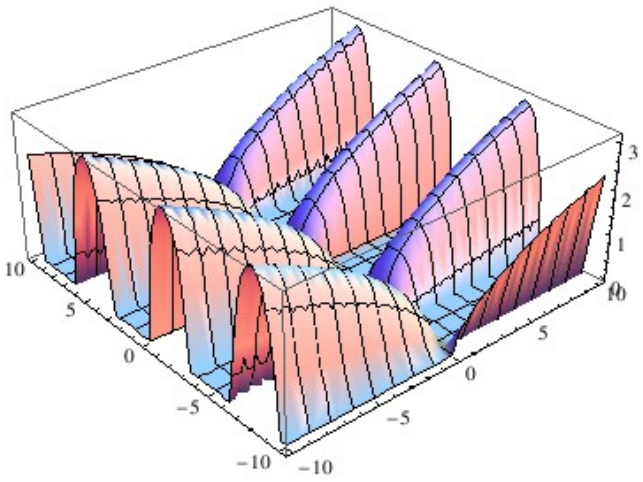
http://www.mathematica.cz/produkty.php?p_mathematica

http://www.fit.vutbr.cz/~tisnovpa/vyuka/PP1/maple/start.htm

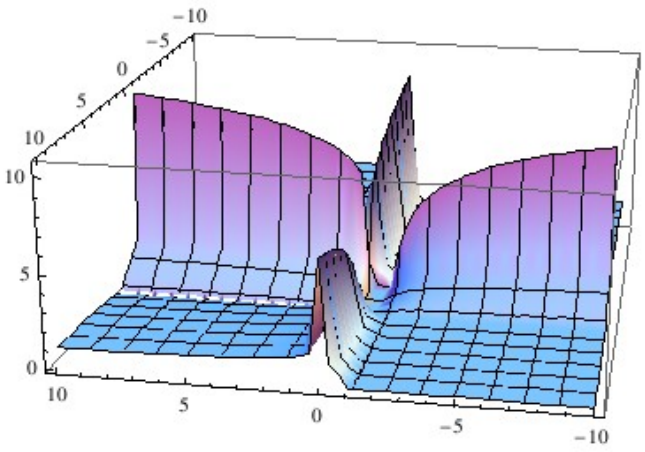
11 Příloha

Mathematica

```
Plot3D[Re[Sqrt[x Sin [y]]], {x, -10, 10}, {y, -10, 10}]
```

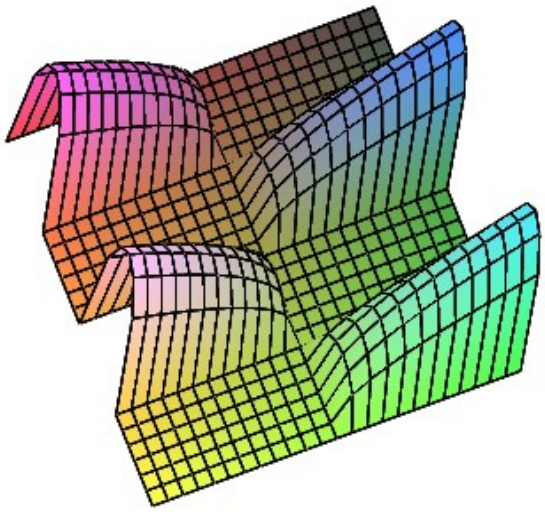



```
Plot3D[Re[Sqrt[(1 - Log[y]) Log[-x]]], {x, -10, 10}, {y, -10, 10 }]
```

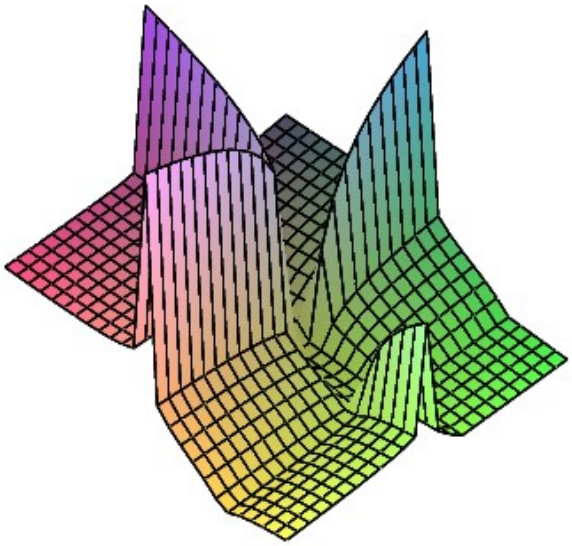


Maple

$f := \mathrm{Re}(\mathrm{sqrt}(x \cdot \sin(y))) \rightarrow$



$f := \mathrm{Re}(\mathrm{sqrt}((1 - \ln(y)) \cdot \ln(-x))) \rightarrow$



WolframAlpha

Wolfram

f(x,y)=√(x*sin(y)

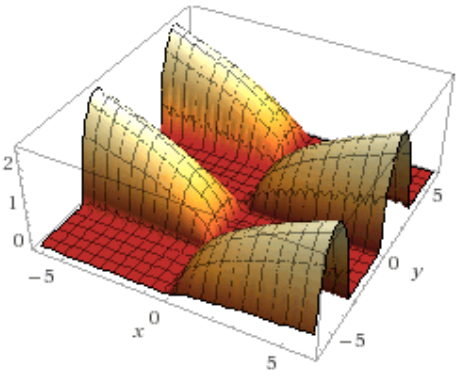
An attempt was made to fix mismatched parentheses, brackets, or braces.

Input:

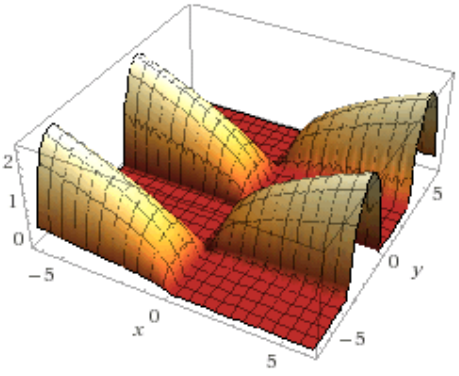
$$f(x, y) = \sqrt{x \sin(y)}$$

3D plots:

Real part:



Imaginary part:



Wolfram

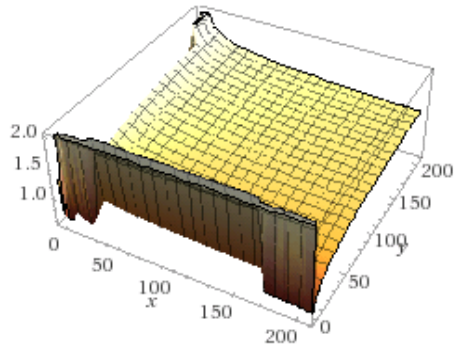
f(x,y)=√((1-lny)*ln(-x))

Input:

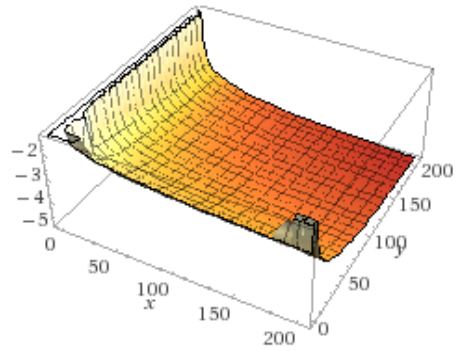
$$f(x, y) = \sqrt{(1 - \log(y)) \log(-x)}$$

3D plots:

Real part:



Imaginary part:



RSA šifrování v programu Mathematica-J. Dvořák

Princip RSA šifrování je založen na asymetrickém šifrovování s veřejným klíčem . Jedná se o jeden z nejpoužívanějších algoritmů současnosti v oblasti bezpečných komunikací. Používá se zejména ve finančnictví, ale nepoužívá se pro běžné šifrování, např. přenos po síti, protože tato metoda je mechanicky i časově náročná. Používá se i pro elektronické podpisy.

Bezpečnost RSA je postavena na předpokladu, že neexistuje efektivní způsob faktorizace součinu velkých prvočísel, bezpečnost je de facto neprolomitelná v rozumném čase, bez pořádné procesorové síly, jíž v dostatečné síle nedisponuje nejspíš nikdo. Tato metoda šifrování se také opírá o dělení se zbytkem.

Ukážeme si princip na jednoduchém příkladu. Nejdříve vygenerujeme nějaká dvě prvočísla p a q, v praxi se vyskytují prvočísla o počtu cifer kolem 100: *p=31 a q=43*. Poté vypočítáme součin čísel *n*: *n=p*q=1333* a dopočítáme Eulerovu charakteristiku: *Phi(n)=(p-1)*(q-1)=1260*. Pro velká čísla p a q není možné faktorizovat jejich součin na ně samé v rozumně krátkém čase, a tudíž ani dopočítat Eulerovu charakteristiku a tím dopočítat soukromý klíč, potřebný k dešifrování zprávy.

Nyní si zvolíme veřejný klíč r nesoudělný s Eulerovou charakteristikou, obvykle se volí 65537, nyní volíme 667, a dopočítáme s podle rovnice : *Reduce[{Mod[r*s,Phi(n)]==1},s,Integers]*. Výsledek vypadá takto: *C[1]∈ Integers&&s∧67+120 C[1]*, kde s=1243 a 1260C[1] je konstanta.

Nyní volíme zprávu, kterou chceme poslat. Můžeme jí zvolit podobný principem, jaký uvádím: [„“, “a“, “b“, …] zaměnit za [„10“, „11“, „12“, …]. Pro příklad volím w=666, protože je důležité, aby zpráva byla menší než n, a byla s ním nesoudělná. Zprávu zašifrujeme umocněním na r, dle: : *Reduce[{PowerMod[w,r,n]==z},z,Integers]*, z toho: z=106 a to je šifra. Zprávu dešifrujeme umocněním šifry na soukromý klíč s: *Reduce[{PowerMod[z,s,n]==y},y,Integers]*, *y=50* a protože platí y=w zprávu jsme zašifrovali správně.

RSA je velmi bezpečný šifrovací algoritmus s použitím velkých čísel p a q, a za předpokladu, že budou veřejnosti známá pouze čísla n a r, který lze prolomit spíše jen silou za netriviální čas.

Simulace socio-ekonomických systémů

Adam Filandr, Podkrušnohorské gymnázium Most, adamfilandr@seznam.cz
František Falta, gymnázium Trutnov, fffrantik@seznam.cz
Denisa Kučerová, gymnázium Slovanské nám. Brno, dekucerova@gmail.com
Michal Nožička, gymnázium Plzeň, Mikulášské nám. 23, nozicka.michal@seznam.cz

Abstrakt

Cílem našeho projektu bylo simulovat chování ekonomického trhu. Na trhu se vyskytují 4 druhy hráčů s odlišnými obchodními strategiemi a obchoduje se s jedním aktivem. Zaměřili jsme se hlavně na porovnání úspěšnosti jednotlivých strategií (měřeno výdělečností). Nejlépe dopadli fundamentalisté.

Úvod

Simulace socio-ekonomických systémů je velice důležitá a aktuální problematika. Modelujeme budoucí chování trhu a jeho reakce na vnější zásahy a regulaci, čehož využívají centrální banky. Účastníci trhu mohou tyto modely využívat k určení optimálních obchodních strategií za účelem maximalizace zisku.

Touto problematikou se zabývalo mnoho vědců, my jsme hlavně čerpali z díla Katiuscia Mannaro[1].

Cílem bylo zaměřit se na chování agentů na 1 trhu a zaměřit se na data o jejich profitabilitě. Déle zjistit chování parametrů trhu v průběhu času.

Model

Při práci na našem projektu jsme využívali program, který je dostupný ke stažení na stránkách http://sourceforge.net/projects/politeconomy/. Simulace je založena na více-agentovém modelu, kde jednotliví agenti mají různé strategie a posílají příkazy na trh k nákupu či prodeji za maximální resp. minimální cenu. Trh funguje podle základních ekonomických principů tj. střetávání nabídky s poptávkou. Na trhu je následně vyhodnocen jejich průnik a zobchodováno příslušné množství aktiv za příslušnou cenu. Agenti mohou mít 4 odlišné strategie:

- **Fundamentální strategie** – Obchodník sleduje fundamentální cenu aktiva, která je určená při začátku simulace a zůstává stále stejná. Nakupuje pouze za nižší než fundamentální cenu a prodává jedině za vyšší.
- **Náhodná strategie –** Tento typ obchodníka sleduje cenu aktiva v minulosti v malém horizontu (2 až 5 kroků) a snaží se nakupovat resp. prodávat za menší resp. vyšší cenu, než byla v minulosti.
- **Strategie následování trendu –** Obchodníci řídící se touto strategií sledují pohyby ceny v minulosti (2 až 10 kroků) a vyhodnocují, zda má cena rostoucí nebo klesající trend. Při rostoucím trendu nakupují a při klesajícím prodávají za předpokládané ceny při pokračování stávajícího trendu.
- **Protitrendová strategie –** Obchodník vyhodnocuje trend ceny aktiva v minulosti podobně jako u strategie č. 3, ale následně spekuluje na obrácení tohoto trendu. Nakupuje tedy při klesající ceně a prodává při rostoucí za předpokládané ceny při pokračování stávajícího trendu.

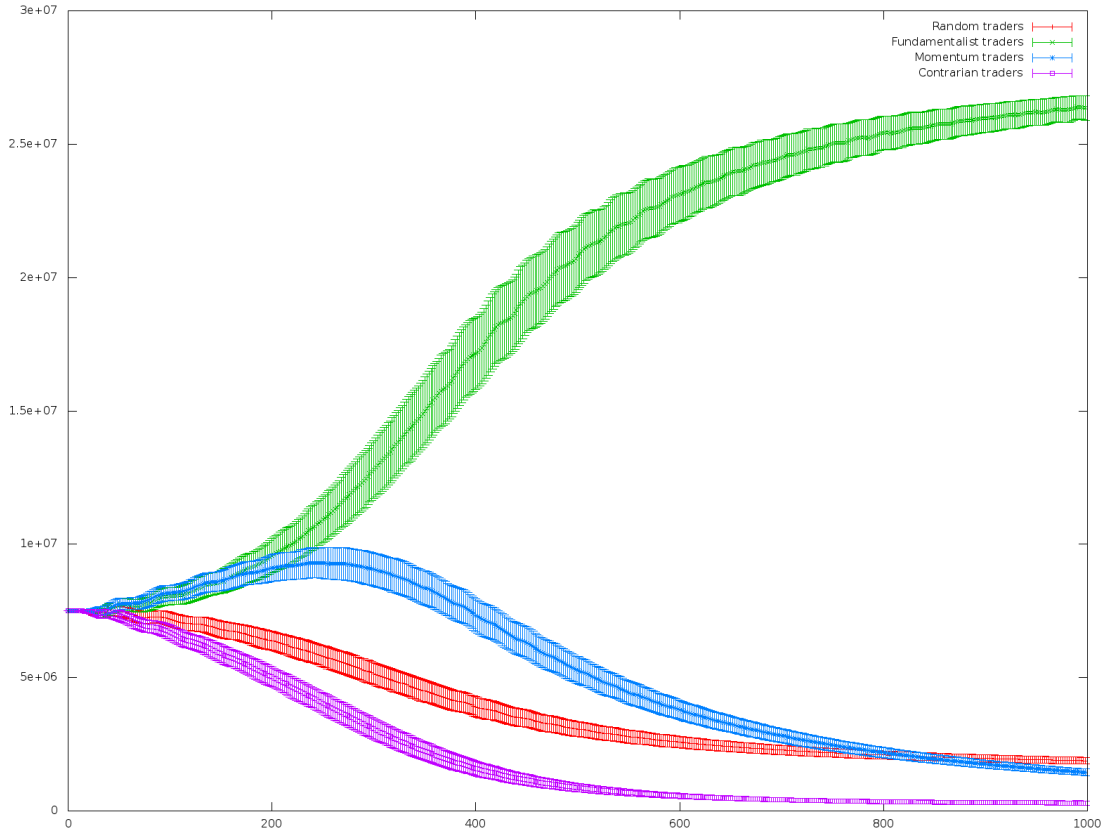
Simulační program umožňuje namíchat zastoupení jednotlivých strategií v libovolném poměru.

Parametry simulace

- Počet kroků – 1000 (kolikrát mohli obchodovat)
- Počet agentů – 1000
- Poměr zastoupení strategií – 1:1:1:1
- Průměrný počáteční obnos peněz na agenta – 1500
- Průměrný počáteční počet aktiv na agenta – 1000
- Počet trhů - 1
- Počet opakování simulace – 1000

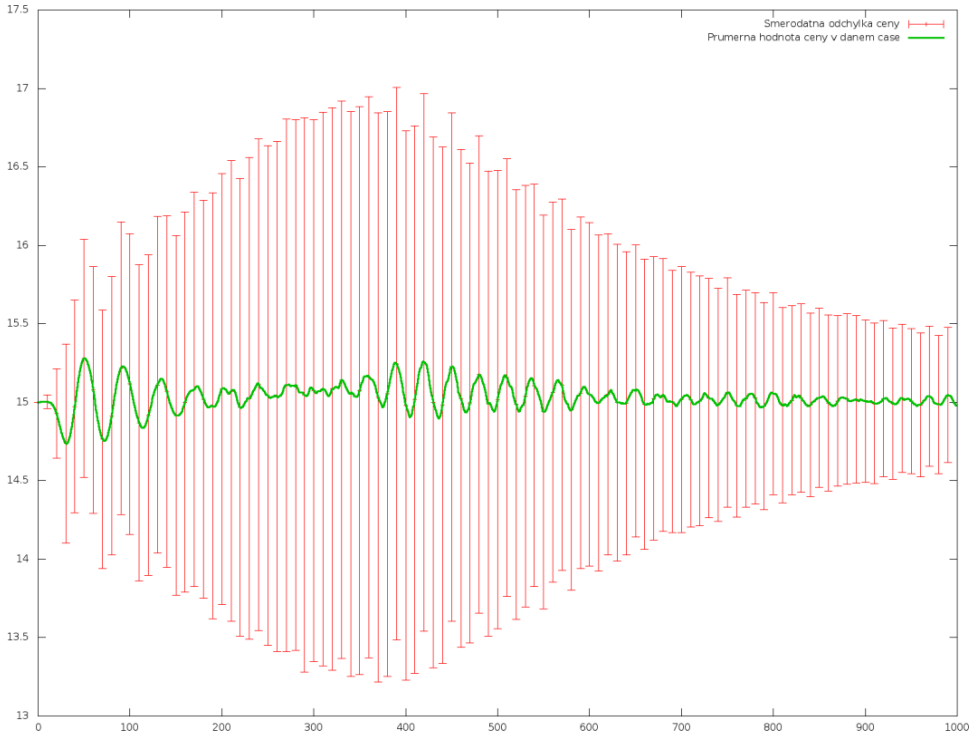
Vyhodnocení simulace

Obchodníky jsme rozdělili na skupiny dle používaných strategií. V každém kroku každé simulace jsme sledovali cenu aktiva, objem zobchodovaných aktiv, množství peněz na skupinu, množství aktiv na skupinu. Zavedli jsme veličinu bohatství pro jednotlivé skupiny jako součet množství peněz skupiny a součinu ceny aktiva s množstvím aktiv vlastněným skupinou. Simulaci jsme opakovali 1000 krát, abychom dostali kvalitní statistické vzorkování.



Obrázek 1 – závislost bohatství jednotlivých skupin na čase

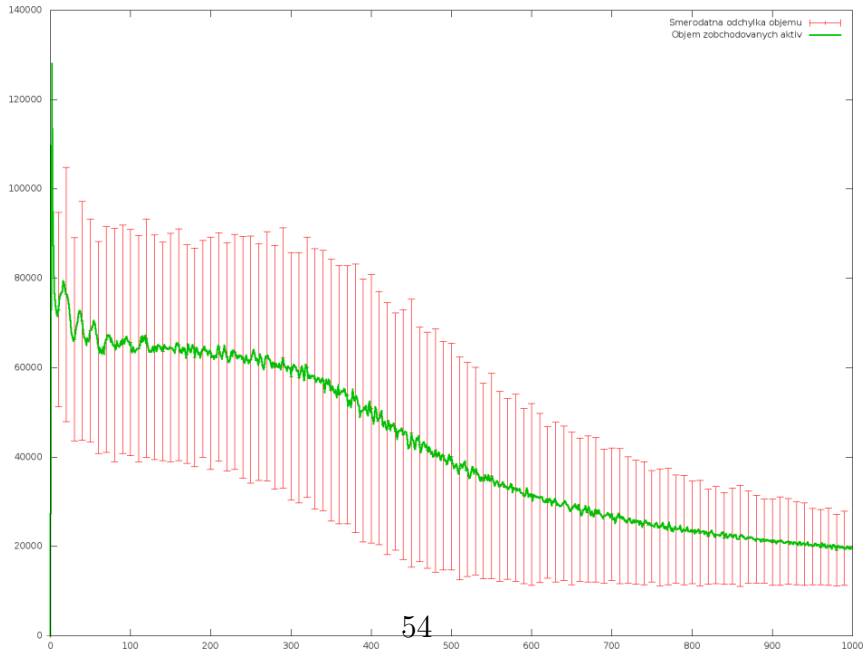
Obrázek 1 - vypovídá o závislosti průměrného bohatství jednotlivých skupin na čase (počtu kroků), kde je vyneseno průměrné bohatství a jeho směrodatná odchylka. Bohatství fundamentalistů během simulace stabilně roste, naopak bohatství náhodných a protitrendových hráčů systematicky klesá. Trendoví hráči jsou zpočátku stejně úspěšní jako fundamentalisti, ale od časového kroku 250 klesá. Směrodatné odchylky bohatství mají své maximum pro jednotlivé skupiny mezi časovým krokem 200 až 500. Můžeme si všimnou oscilací střední hodnoty bohatství jednotlivých skupin, které bude vysvětleno níže.



Obrázek 2 – graf závislosti ceny aktiva na čase

Obrázek 2 - střední hodnota ceny akcí osciluje okolo fundamentální hodnoty s periodou 40 časových úseků, kde amplituda oscilací je zpočátku velká, poté klesá, okolo kroku 400 dochází k opětovnému vzrůstu amplitudy s opětovným poklesem. Standartní odchylka roste do kroku 400, odkud poté klesá.

Obrázek 3 – závislost objemu zobchodovaných aktiv na čase



Obrázek 3 - množství zobchodovaných aktiv dosahuje svého maxima blízko počátku simulace v průběhu času se snižuje objem zobchodovaných aktiv, kdy do kroku 300 je množství zobchodovaných aktiv přibližně konstantní, po tomto kroku dochází k poklesu množství zobchodovaných aktiv.

Tento pokles je pravděpodobně způsoben nahromaděním většiny bohatství skupinou fundamentalistů, proto zbytek agentů není schopen obchodovat v původních objemech aktiv.

Závěr

Z pozorování vyplývá, že nejlepší strategie obchodování je fundamentální strategie. Je to však pouze modelová hypotéza, neboť ve skutečnosti se strategie navzájem prolínají a zasahují do systému vlivy, které zde nejsou zahrnuty (např. centrální banka).

Poděkování

Poděkování patří Hynku Lavičkovi, který nás projektem provázel.

Zdroje

[1] Journal of Economic Behavior & Organization 67 (2008) 445–462

Fyzikální simulace pohybu částic v náhodném prostředí

Š. Paulík, V.-A. Koropecký, V. Galda, J. Schäfer
Gymnázium Jana Keplera, SZŠ a VOŠZ Zlín,
Gymnázium Zlín – Lesní čtvrť
stepanpaulik@gmail.com, hasky32@volny.cz, galdavojta@gmail.com,
schafer0jan@gmail.com

Abstrakt:

Pokusili jsme se simulovat pohyb částice v náhodném prostředí, plném jiných, náhodně se pohybujících, částic o menší hmotnosti. V simulaci ostatní částice narážely do naší zvolené. Zkoumali jsme její pohyb v jedné až třech dimenzích, spojitě i diskrétně i při změně hmotnosti po nárazech.

1 Úvod

Pohyb částice v náhodném prostředí je problematika, kterou zaznamenal již Brown v roce 1827 pozorováním zrnek pylu ve vodě. V té době na to nebylo vysvětlení, poněvadž se počítalo pouze s deterministickými silami. Teprve později Einstein v roce 1905 vysvětlil, že je to způsobeno stochastickými silami, čímž vše objasnil. My jsme se jeho pozorování pokusili co nejvěrněji simulovat.

2 Pohyb částic

Pohyb částice se liší podle počtu dimenzí, ve kterém se pohybuje. Menší, volně pohybující částice, narážejí do naší částice náhodnou silou F s celočíselnou hodnotou. F udává vzdálenost, o kterou se částice posune.

a) **V 1-rozměrném prostředí,**
   Zde je možnost nárazu ostatních částic pouze ze dvou stran, tedy pozorovaná částice se může pohybovat pouze po jedné ose.
b) **Ve 2-rozměrném prostředí, diskrétní model**
   V této situaci se může pohybovat po mřížce s osami x a y. Tímto se počet možných směrů pohybu částice zvyšuje na 4.
c) **Ve 2-rozměrném prostředí, spojitý model**
   Nyní mohou částice přicházet ze všech úhlů dostupných ve 2D prostředí, takže se pozorovaná pohybuje více náhodně. V tomto modelu jsme počítali i s možností změny hmotnosti, způsobené splynutím částic (narážející a naražené) po nárazu.
d) **V 3-rozměrném prostředí, disktrétní model**
   V tomto prostředí se zkoumaná částice pohybuje po osách x, y, z, tedy do šesti směrů.

3 Pohyb částic – simulace

Simulace je námi vytvořena v programu Wolfram Mathematica. Pro každý případ nárazu se počítá se silou F v rozmezí -3 až +3. Vždy jsme simulovali pohyb 100 000 částic po 100 nárazech. Všechny modelované částice vznikaly ve stejném výchozím bodě, v bodě 0.

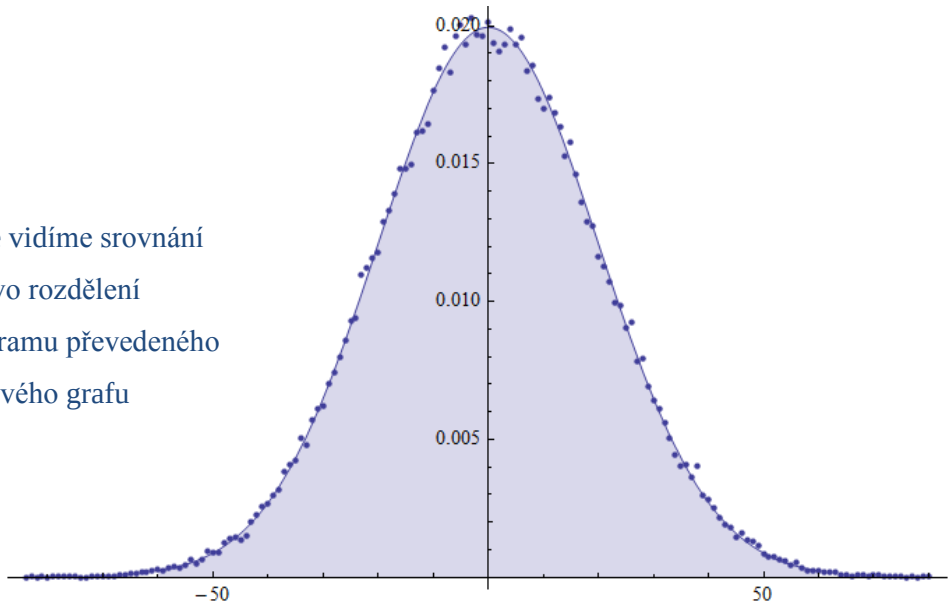
4 Výsledky

Histogramy zde uvádějí kolikrát (osa y) se na určité pozici (osa x) nacházela pozorovaná částice po 100 nárazech. Čím světlejší místo histogramu, tím vyšší počet ukončení trajektorie v daném bodu částicí, a naopak. Směrování bylo možné jen v úhlech do π.

a) V 1-rozměrném prostředí

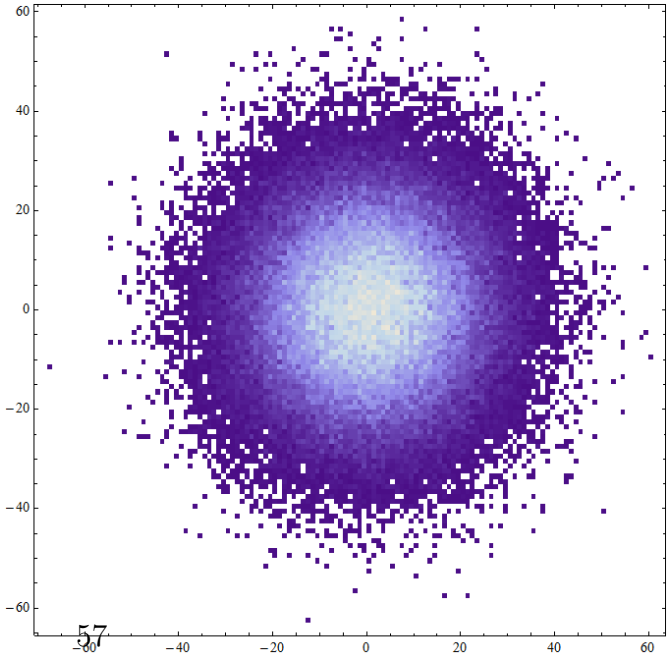
Zde jsme došli k výslednému histogramu, který je téměř ekvivalentní Gaussovu rozdělení.

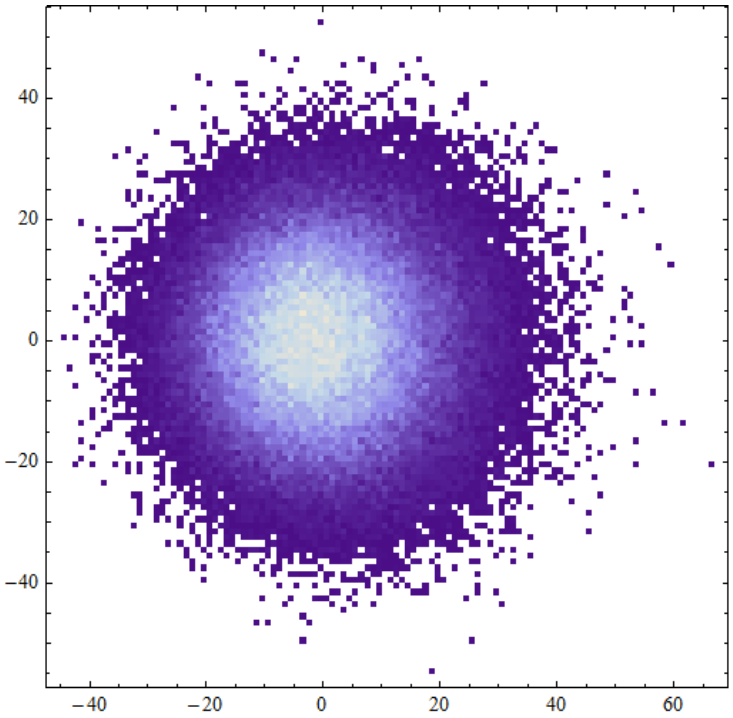
Zde vidíme srovnání Gaussovo rozdělení a histogramu převedeného do bodového grafu



b) Ve 2-rozměrném prostředí, diskrétní model

V tomto případě jsme pozorovali tendenci pozorovaných částic vzdálit se od výchozího bodu více, než u spojitého modelu. Okolo výchozího bodu jsme pozorovali v rozmezí 70-90 případů ukončení trajektorie.





c) Ve 2-rozměrném prostředí, spojitý model

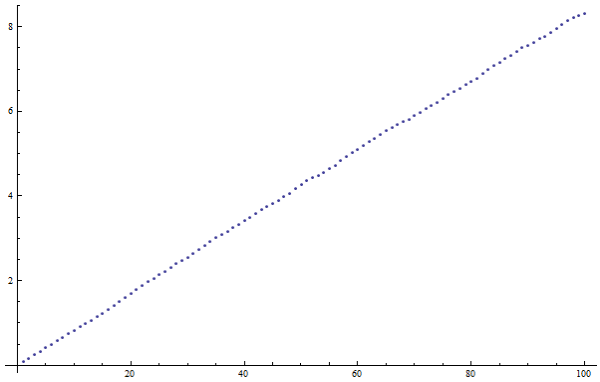
Zde jsme pozorovali naopak tendenci částic zůstávat u výchozího bodu po 100 nárazech mnohem více než u disktrétního modelu. Toto se projevilo v celkově menším rozsahu histogramu. Kolem výchozího bodu byla koncentrace dokončení trajektorie v rozmezí 110 až 120 případů

d) Ve 2-rozměrném prostředí, spojitý model – změna hmotnosti a směrová paměť

Toto se chová podobně jako v předchozím případě diskrétní model x spojitý model. V případě změny hmotnosti se konec trajektorie pohybuje kolem výchozího bodu, neboť se stoupající hmotností, způsobené nabalováním ostatními částicemi, klesá podle vzorce F=m*a veličina a, která pro nás v podstatě představuje, jak daleko se odrazí.

Naopak při směrové paměti (směrová paměť si pamatuje úhel předchozího odrazu) je výsledná vzdálenost od výchozího bodu největší, poněvadž od původního směru se může vychýlit pouze o π/2.

5 Difúze



Ve 2-rozměrném prostředí bez směrové paměti a změny hmotnosti jsme pozorovali difúzi, kterou jsme pak následně vyjádřili pomocí grafu. Grafem je přímka, kterou vyjadřuje obecná rovnice ve tvaru ct, kde c je konstanta a t vyjadřuje čas.

6 Závěr

Částice se vzdalovaly od výchozího bodu v závislosti na konfiguraci simulace (změna hmotnosti částice, pamatování předchozího směru a především typu modelu).

Poděkování

Poděkování za pomoc při seznamováním s programem Mathematica a realizaci projektu panu Hynkovi Lavičkovi. Dále děkujeme za možnost zúčastnit se na týdnu vědy na FJFI.

Reference:

[1] A. EINSTEIN *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten supendierten Teilechen* 1905

Postavte si Nd:YAG laser

V. Mironidis, Gymnázium Most, vojtechmironidis@seznam.cz
L. Kolek, Gymnázium Havířov-Podlesí, luky.kolek@seznam.cz
D. Grigľák, Gymnázium P. O. Hviezdoslava,
dominik.griglak@gmail.com

Abstrakt:
V tomto miniprojektu jsme si vyzkoušeli sestavení vlastního laseru (Nd:YAG). Nejprve jsme sestavili rezonátor, který jsme upravili tak, aby byl stabilní a různými zásahy jsme ovlivňovali a optimalizovali jeho vlastnosti. Vyzkoušeli jsme generaci záření v režimu volné generace i v impulsním režimu. Získaný laserový svazek jsme zesílili jednoprůchodovým zesilovačem a nakonec zesílené záření jsme zkonvertovali pomocí nelineárního krystalu do druhé harmonické.

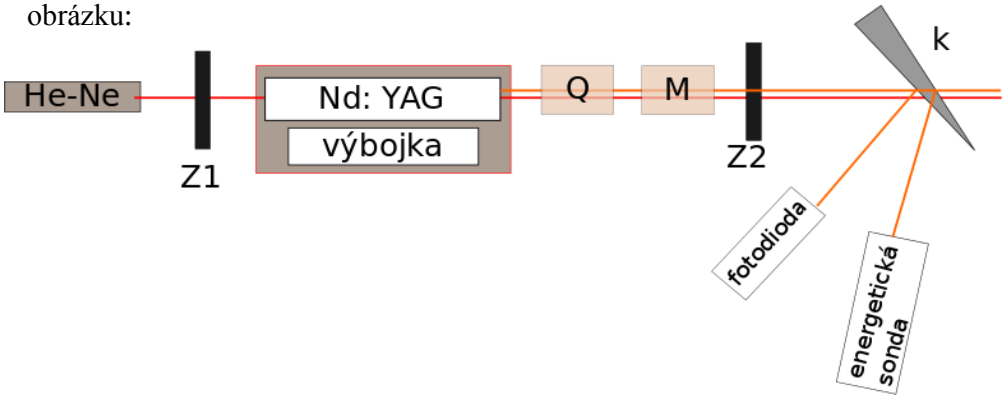
1 Úvod

Laser je generátor optického záření. Je tvořen aktivním prostředím vhodně umístěným v optickém rezonátoru, který vytváří kladnou zpětnou vazbu. Laserové záření je oproti běžným zdrojům koherentní obvykle (je schopno snadno interferovat), jednobarevné (monochromatické), směrové (kolimované). Využití námi používaného laseru Nd:YAG je v laserových ukazovátkách, průmyslu, medicíně a ve výzkumu.

2 Metody a výsledky měření

Materiály a metody

Laser jsme sestavili z rezonátoru, aktivního prostředí a výbojky s frekvencí 1 Hz, která byla chlazena vodou. Dále jsme používali fotodiodu, energetickou sondu a dva osciloskopy – TDS350 a TDS1012C-EDU. Obecné schéma laseru je na následujícím obrázku:



He-Ne – helium-neonový laser, Z1, Z2 – zrcadla, Nd: YAG – aktivní prostředí,
k – klín,
prvky přítomné jen v určitých experimentech: Q – saturovatelný absorbér (Q-spínání), M – akusto-optický modulátor (mode locking)

Při návrhu rezonátoru jsme zohlednili rovnici stability:

$$0 \leq \left(1 - \frac{L}{r_1}\right)\left(1 - \frac{L}{r_2}\right) \leq 1, \quad (1)$$

kde L je délka rezonátoru a r_1, r_2 jsou poloměry křivosti zrcadel.

Nejprve jsme měřili výkon Nd:YAG laseru s rezonátorem tvořeným dvěma rovinnými zrcadly. Pro stabilitu musí platit rovnice stability (1), která je však pro dvě rovinná zrcadla vždy splněna, $r_1 = \infty$; $r_2 = \infty$. Pro rovinná zrcadla je však potřeba přesné nastavení. Bylo složité je nastavit tak, aby laser správně fungoval. Pomocí klínu jsme paprsek rozdělili a nasměrovali na fotodiodu a energetickou sondu a provedli jsme měření.

Poté jsme vyměnili jedno rovinné zrcadlo za sférické, $r_1 = 1$ m; $r_2 = \infty$. Po dosazení do (1) se omezila délka rezonátoru na rozmezí od 0 do 1 metru.

$$0 \leq (1 - L)(1 - 0) \leq 1$$
$$L \in \langle 0; 1 \rangle$$

Díky sférickému zrcadlu jsme měli větší volnost při nastavování. Opět jsme provedli měření.

V dalším kroku jsme zkrátili pulsy a tím zvýšili špičkový výkon laseru pomocí Q-spínání. Do soustavy jsme přidali saturovatelný absorbér, jehož absorbce klesá s intenzitou světla. Díky tomu vznikne velmi krátký a intenzivní puls. Jeho energie sice lehce klesne oproti režimu volné generace, ale díky tomu, že se zkrátí i délka impulsu, je celkový špičkový výkon mnohonásobně větší. Špičkový výkon lze vypočítat pomocí podílu energie a délky trvání pulsu.

$$P = \frac{E}{\tau} \quad (2)$$

Následně jsme se snažili pulsy ještě víc zkrátit. K tomu jsme využili metodu synchronizace módů pomocí akusto-optického modulátoru. Ten způsobuje difrakční ztráty s vysokou frekvencí na stojaté akustické vlně vybuzené v taveném křemeni. Akustický signál byl přiváděn s určitou frekvencí ≈ 75MHz. Frekvence akustického signálu se musí shodovat s frekvencí oběhu světla v rezonátoru. Z toho plyne, že délka rezonátoru je vyjádřena podílem rychlosti světla ve vakuu a frekvence akustického signálu:

$$L = \frac{c}{4f}. \quad (3)$$

Po teoretickém výpočtu jsme přesně vyměřili potřebnou délku rezonátoru a nastavili zařízení:

$$L_x = L - L_{YAG} - L_M + L_n\ , \quad (4)$$

kde L_x je potřebná délka rezonátoru, L_{YAG} je optická délka aktivního prostředí laseru Nd:YAG, L_M je optická délka modulátoru a L_n je rozměr materiálu.

Nakonec jsme generovali druhou harmonickou vlnu pomocí nelineárního krystalu. To je záření, které má poloviční vlnovou délku a dvojnásobnou frekvenci oproti původnímu záření. Dvojlomný krystal jsme umístili do laserového svazku tak, aby indexy lomu laserového záření a druhé harmonické vlny byly stejné, což umožnilo účinnou generaci. Výsledek byl pozorovatelný pouhým okem v podobě zeleného světla.

Výsledky

Čerpací energie v průběhu celého experimentu byla:

$$E = \frac{1}{2} C U^2 = 40{,}5 \text{ J} \quad (5)$$

Energii jsme měřili pomocí energetické sondy, napětí jsme odečítali z obrazovky osciloskopu a přepočet na energii byl následující:

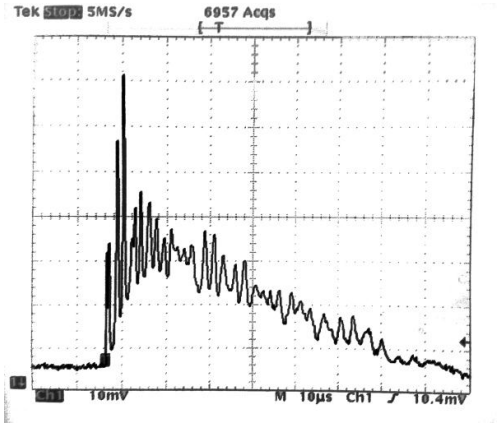
$$E = \frac{U}{C_{det} R_k T_s}, \quad (6)$$

kde U je napětí, C_{det} je citlivost detektoru, R_k je odrazivost klínu a T_s je transmitace skla.

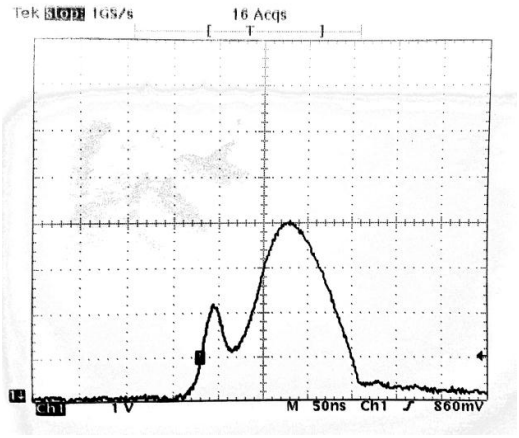
Nyní uvádíme výsledky dílčích experimentů.

	Rezonátor s rovinnými zrcadly	Rezonátor se sférickým a rovinným zrcadlem	Rezonátor se saturovatelným absorbérem	Rezonátor s akusto-optickým modulátorem
L (cm)	53,9	56,2	56,2	92,72
τ (μs)	30	40	0,13	<0,003
E (mJ)	28,07	102,1	50,7	
P (W)	936	2 550	390 000	

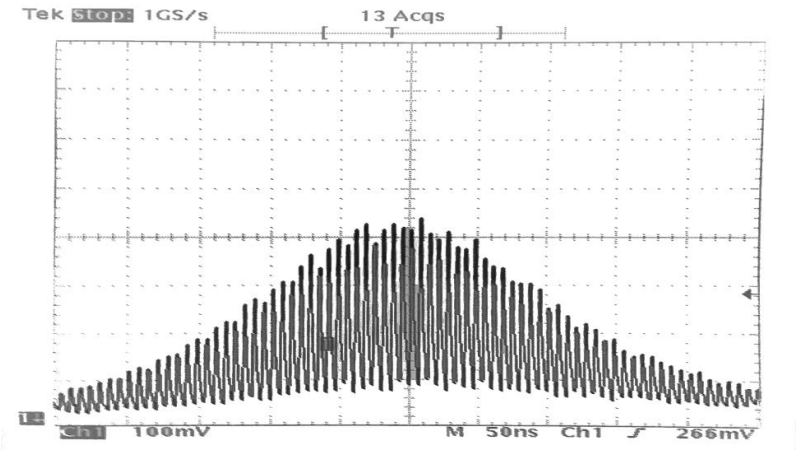
Grafy časových průběhů impulsu



Režim volné generace
10 μs/div



Režim Q-spínání
50 ns/div



Režim synchronizace módů
50 ns/div

Diskuse

Při výměně zrcadla rovinného za sférické se zvýšila stabilita rezonátoru, naladění laseru bylo méně citlivé, a výsledný špičkový výkon laseru byl vyšší.
Po přidání saturovatelného absorbéru se zmenšila délka trvání jednoho pulsu přibližně na tisícinu, čímž se zvýšil špičkový výkon přibližně stokrát.
V experimentu synchronizace módů se stabilita rezonátoru opět velmi snížila a měli jsme velké problémy s jeho nastavením. Takže jsme z důvodu časové tísně nedošli až k měření. Přesvědčili jsme se však, že touto metodou lze generovat pulsy kratší než 3 ns, protože doba pulsu musí být kratší, než doba za jakou světlo urazí vzdálenost v rezonátoru.
Generace druhé harmonické měla malou účinnost z důvodu malé kvality krystalu a obtížně dosažitelné fázové synchronizace. Pro dosažení lepší účinnosti bychom potřebovali zvýšit špičkový výkon laseru.

3 Shrnutí

Během miniprojektu jsme sestavili různé typy Nd:YAG laseru. Poté jsme provedli měření pro každý typ a porovnali jsme hodnoty špičkového výkonu a délky pulsu. Největší špičkový výkon měl námi sestrojený rezonátor se saturovatelným absorbérem o hodnotě špičkového výkonu 0,39 MW.
Díky tomuto miniprojektu jsme získali nadšení pro lasery a další studium v této oblasti.

Poděkování

Děkujeme Františkovi Batystovi za jeho výborné vedení miniprojektu.

A také děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za možnost realizace miniprojektu.

Reference:

[1] BATYSTA, F.: *http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~batysfra/laser.php* 18.6. 2013

Jak chránit DNA před zářením

Lucie Dudková[1], Markéta Nečasová[2], Hana Pařízková[3]

[1]Gymnázium Příbram, Legionářů 402, 261 01 Příbram
[2] Gymnázium Slovanské náměstí 7, 612 00 Brno
[3]Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27, 594 01 Velké Meziříčí

[1]lucie.dudkova@gmail.com, [2]marketa.student@gmail.com,
[3]hana.parizkova@email.cz

Abstrakt:

Cílem této práce bylo zjistit, zda jsou glycylglycin a ethanol schopny chránit DNA před ionizujícím zářením. DNA byla ozářena v přítomnosti těchto sloučenin a analyzována pomocí agarózové elektroforézy. Radioprotektivní účinky byly prokázány pouze u ethanolu.

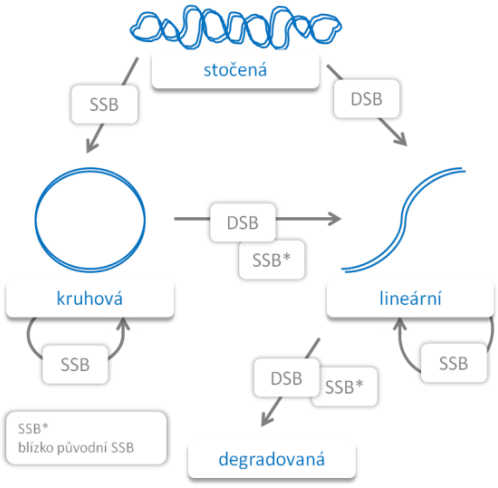
1 Úvod

Při ozáření buňky ionizujícím zářením (IZ) dochází k poškození všech jejích částí. Z hlediska dopadů záření na organismus je zásadním terčem zejména DNA, jejíž poškození může mít fatální následky pro konkrétní buňku i pro celý organismus. Energie IZ absorbovaná buňkou způsobí excitace a ionizace atomů a molekul podél stopy částice. Vytvořené ionty, radikály a excitované atomy mohou poškozovat různé struktury buňky, což může vést ke změnám v celém organismu. Pokud je energie absorbovaná přímo v místě cílové molekuly, mluvíme o poškození přímém, pokud k poškození dochází přes produkty radikálových reakcí vody, jedná se o poškození nepřímé. Vzhledem k malé pravděpodobnosti přímého zásahu biomolekul má nepřímé poškození větší význam [1].

Cílem našeho experimentu bylo potvrdit, že některé látky (tzv. scavengery) mohou škodlivé účinky volných radikálů redukovat. K tomu jsme použily metodu agarózové elektroforézy a zkoumaly jsme účinky dvou různých scavengerů: glycylglycinu a ethanolu.

2 Materiály a metody

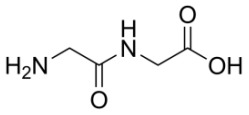
V experimentu jsme pracovaly s plasmidovou DNA (plasmid pBR322), což je menší kruhová molekula DNA vyskytující se především v cytosolu některých bakterií, která se samostatně replikuje a nese doplňkové informace. Velikost plasmidů se pohybuje mezi 1 000 a 200 000 bází. Normální formou plasmidové DNA je forma stočená (viz Obr. 1). Vlivem IZ v ní může dojít ke zlomům, které její strukturu změní. Pokud dojde k jednomu zlomu na jednom vlákně dvoušroubovice DNA, vzniká forma relaxovaná (kruhová); při zlomu obou vláken se molekula rozvolní do formy lineární. Po mnohonásobném poškození se lineární forma degraduje.



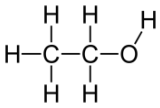
Obrázek 1 Zlomová poškození DNA

SSB = single strand-break (jednoduchý zlom)
DSB = double strand-break (dvojný zlom)

Jako scavengery jsme použily dvě látky – glycylglycin a ethanol. Glycylglycin (viz obr. 2) je jedním z nejjednodušších peptidů; je tvořen dvěma molekulami glycinu. Ethanol (viz obr. 3) se řadí mezi alkoholy. My jsme k pokusu použily ethanol ve formě 50% slivovice.



Obrázek 2 Chemická struktura glycylglycinu [2]



Obrázek 3 Chemická struktura ethanolu [3]

Elektroforéza je separační metoda, jejíž princip spočívá v rozdílné pohyblivosti nabitých molekul o různé velikosti a tvaru v elektrickém poli. Využívá se při ní gelové nosné médium, které pohyb molekul zpomaluje a umožňuje tak výsledek experimentu lépe sledovat. V praxi se používají různé typy gelu [4], my jsme využily gel agarózový.

3 Laboratorní postup

Příprava vzorků

Na spektrofotometru jsme nejprve změřily absorbanci rozpuštěné plasmidové DNA. Změřená hodnota absorbance na vlnové délce 260 nm byla 2,77, což odpovídá množství 138,5 ng DNA v jednom µl.

Připravily jsme si dvanáct vzorků, z nichž vždy dva měly stejné složení – z této dvojice jsme jeden vzorek ozařovaly, druhý byl kontrolní. Všechny vzorky obsahovaly přibližně 100 ng DNA, což odpovídalo objemu 0,8 µl. K šesti vzorkům jsme dále přidaly glycylglycin o třech různých koncentracích – 0,1 mM, 1 mM a 10 mM, ke čtyřem jsme přidaly 1 nebo 5 µl ethanolu. Všechny vzorky jsme doplnily destilovanou vodou na objem 10 µl (viz Tabulka 1).

Tabulka 1 Složení vzorků

Oz. – ozářený vzorek, neoz. – neozářený vzorek, glygly0,1(1, 10) – glycylglycin o koncentraci 0,1 (1, 10) mM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
oz./neoz.	neoz.	oz.	neoz.	neoz.	neoz.	oz.	oz.	oz.	neoz.	neoz.	oz.	oz.
DNA (µl)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Aditivum (µl)	-	-	3,2 glygly0,1	3,2 glygly1	3,2 glygly10	3,2 glygly0,1	3,2 glygly1	3,2 glygly10	1 ethanol	5 ethanol	1 ethanol	5 ethanol
Voda (µl)	9,2	9,2	6	6	6	6	6	6	8,2	4,2	8,2	4,2

Příprava gelu

Jako nosné médium pro elektroforézu jsme použily 1% agar, který jsme připravily z 0,4 g sušeného agaru a 40 ml pufru 0,5x TAE (20 mM Tris, 10mM octan sodný, 1mM EDTA, pH = 8). Roztok jsme povařily a přidaly jsme do něj fluorescenční barvivo SYBR Green I. Poté jsme roztok vlily do formy, přikryly alobalem, abychom zamezily přístupu světla, a nechaly ztuhnout.

Ozařování vzorků

Vzorky jsme ozařovaly na zdroji ^{60}Co s poločasem rozpadu 1 925,5 dne ve vzdálenosti 0,278 m za pokojové teploty dávkou 5 Gy. Pro výpočet potřebné doby ozáření (29 min 8 s) jsme použily vzorec $t_0 = \frac{D}{\dot{D_0} e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}}.t}}$.

Elektroforéza

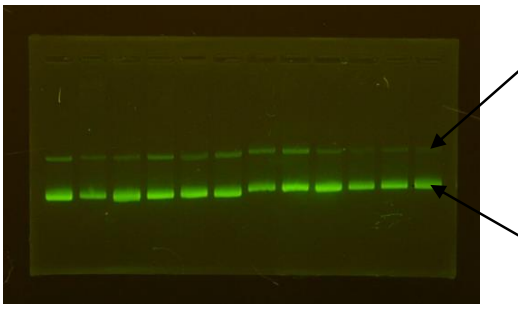
Ztuhlý gel jsme přesunuly do horizontální lázně s 0,5x TAE pufrem. Do každého vzorku jsme přidaly 2 µl nanášecího barviva a vzorky co nejrychleji nanášely do jamek v gelu. Elektroforézu jsme připojily ke zdroji stejnosměrného elektrického proudu o napětí 100 V a nechaly hodinu migrovat. Poté jsme gel vytáhly z lázně, umístily na UV-transiluminační stolek a vyfotily digitálním fotoaparátem.

Vyhodnocení výsledků

Fotografii výsledku elektroforézy jsme převedly do černobílého formátu a vyhodnotily pomocí programu Luthien, který umožňuje spočítání plochy píků na gelu. Z těchto hodnot jsme poté určily výtěžky jednoduchých zlomů DNA v jednotlivých vzorcích.

4 Výsledky

Pod UV byly na gelu u každého vzorku viditelné dva píky (viz Obr. 4): spodní představoval nepoškozenou (stočenou) formu DNA, horní formu relaxovanou. Lineární forma nebyla na gelu přítomná, protože použitá ozařovací dávka nebyla dostatečně vysoká.



Obrázek 4 Výsledný gel

Zastoupení jednotlivých forem DNA ve vzorcích je uvedeno v Tabulce 2.

Tabulka 2 Výsledky experimentu

Složení vzorku	Neozářený vzorek		Ozářený vzorek	
	Stočená forma (% DNA)	Jednoduché zlomy (počet/plasmid)	Stočená forma (% DNA)	Jednoduché zlomy (počet/plasmid)
DNA	89.23	0.114	91.4	0.090
DNA + glygly (0,1 mM)	95.12	0.050	82.93	0.187
DNA + glygly (1 mM)	86.7	0.143	74.1	0.300
DNA + glygly (10 mM)	92.77	0.075	80.65	0.215
DNA + 1 µl ethanolu	93.12	0.071	94.06	0.061
DNA + 5 µl ethanolu	95.01	0.051	93.74	0.065

5 Diskuse a závěr

O obou použitých látkách (glycylglycinu i ethanolu) jsme předpokládaly, že chrání DNA před IZ. Námi naměřená data to ale prokázala jen u ethanolu, u kterého byly výtěžky jednoduchých zlomů shodné u ozářených i neozářených vzorků. U glycylglycinu se nám ochranné účinky potvrdit nepovedlo. Pravděpodobně to bylo způsobeno nevhodně zvolenou (příliš nízkou) koncentrací použitého glycylglycinu, nižší použitou dávkou záření a také možnými nepřesnostmi při přípravě vzorků. Pro potvrzení nebo vyvrácení hypotézy, že glycylglycin je účinnou radioprotektivní sloučeninou by bylo třeba provést další experimenty.

Poděkování

Děkujeme paní Ing. Marii Davídkové za pomoc při provádění experimentu, za její čas a cenné připomínky.

Reference:

[1] VON SONNTAG, C.: *Free-radical-induced DNA damage and its repair, a chemical perspective*, Springer, Heidelberg 2006.

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/glycylglycine (18. 6. 2013)

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/ethanol (18. 6. 2013)

[4] GARFIN, D. E.: *Electrophoretic methods*, Academic Press, 2000.

DNA a radikály

V. Humhalová[1], M. Ježek[2],
M. Koutová[3], J. Mrázová[1], M. Suchá[4], J. Talanda[5,*]

[1]Gymnázium Příbram,
[2]Gymnázium Česká Lípa,
[3]Gymnázium Česká a Olympijských nadějí
[4]GSOŠ Klášterec nad Ohří
[5]Masarykovo gymnázium a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky Vsetín

*E-mail: kuba.talanda@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem úlohy bylo zjistit, zda je DNA poškozeno více při suché či tekuté formě. Vzorky byly ozářeny zářením gama z kobaltového ozařovače a vyhodnoceny gelovou elektroforézou a programem Luthien. Bylo zjištěno, že tekuté vzorky byly mnohem více poškozené než vzorky suché v důsledku interakce radikálů vzniklých ve vodě při ozařování.

1 Úvod

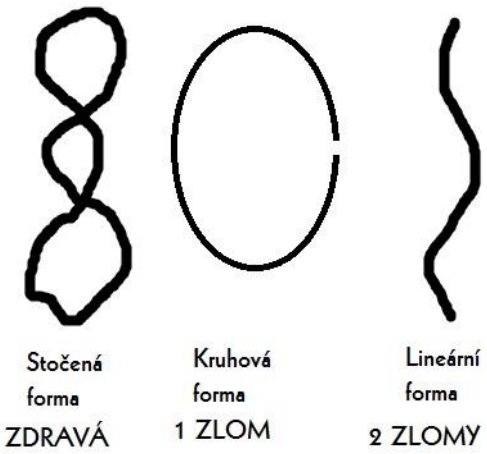
DNA (deoxyribonukleová kyselina) je tvořena třemi základními chemickými komponenty – sacharid zvaný deoxyribóza, na který se vážou dusíkaté báze – adenin, cytosin, guanin, thymin a fosfátu. Souborem těchto látek je řetězec zvaný nukleotid. Každé dva nukleotidy jsou mezi komplementárními páry spojeny vodíkovými můstky a stočeny do typické dvoušroubovice. Ta je v důsledku různých chemických vazeb uspořádána do složitějších smotaných struktur u chromozomální DNA a do kruhu u plasmidové DNA (menší kruhové molekuly vyskytující se především v cytosolu bakterií, samostatně se replikující a nesoucí některé doplňkové informace) se kterou budeme pracovat.

Naším úkolem bylo zjistit, jestli je vlivem záření více poškozena DNA sušená, nebo v tekuté formě. V případě ozáření DNA ionizujícím zářením způsobí energie absorbovaná buňkou excitaci a ionizaci různých buněčných molekul podél trajektorie letící částice (tzv. fyzikální stadium, asi 10^{-14} až 10^{-10} s). Vytvořené ionty, radikály a excitované atomy interagují mezi sebou a dalšími molekulami, což může způsobit různé poškození struktur buňky (chemické stadium, 10^{-3}-10s). Škody takto vzniklé mohou vést ke změnám v celé buňce a organismu, což může trvat stovky sekund až roky (biologické stadium).

Mezi tyto nebezpečné částice patří H^+, OH^-, H_3O^+ a H_2O_2. Z nich nejnebezpečnější je právě hydroxylový anion (radikál, OH^-). Samotná DNA je vůči oxidačnímu poškození zranitelná, může u ní dojít k přelámání dvoušroubovice – vznikají buď zlomy jednoduché nebo dvojné. Poškození dusíkatých bází vede obvykle k uvolnění původních vodíkových vazeb, v důsledku čehož můžou vnikat vazby nové, ať už v rámci jedné molekuly DNA nebo i s cizími molekulami, čímž vznikají takzvané crosslinks. Většina oxidačně způsobených poruch je sice opravena, ale v případě neúspěšné opravy mohou vyvolat mutace a chromozomální poškození.

Molekuly DNA jsou jak známo nabity záporným nábojem, z čehož vychází princip elektroforetických metod, neboť v případě umístění DNA do elektrolytu se její molekuly začnou zákonitě pohybovat směrem ke katodě. Na molekulu však kromě přitažlivé síly elektrod (F = Q.E, kdy E je jednotková intenzita pole a Q náboj) působí i odporová síla prostředí (F = k.v, kde k je koeficient závislý na tvaru a velikosti částice a též na viskozitě prostředí), v našem případě se jedná o agarový gel. Se vzrůstající rychlostí tím pádem roste i odporová síla, až se obě síly vyrovnají a těleso se pohybuje konstantní rychlostí a jeho pohyblivost je možno vyjádřit vztahem (1):

$$\mu = v/E = Q/k \qquad (1)$$



Obr.1: Různé konformace plasmidové DNA

V tomto prostředí se nejrychleji pohybuje nepoškozená stočená forma, dále pak lineární forma (DSB - dva zlomy) a nejpomaleji forma kruhová (SSB – jednoduchý zlom).

2 Postup při práci

1. Příprava vzorků

Připravili jsme si dvě sady vzorků, které obsahovaly 100 ng DNA (plasmid pBR322) ve vodě o celkovém objemu 8µl. První sadu jsme ozářili ve vodě a druhou sadu jsme nakapali na krycí sklíčko upevněné na Petriho misce a nechali uschnout. Vyrobili jsme takto tenkou vrstvu suché DNA, kterou jsme poté ozářili.

2. Příprava gelu pro elektroforézu

Pro přípravu 1% agarozového gelu jsme použili 40 ml TAE 0,5x a 0,4 g agarózy. Roztok byl následně přikryt alobalem a dali jsme ho povařit, dokud se nevyčeřil. Následně jsme ho schladili na 60°C a přidali jsme fluorescenční barvivo SYBR Green I v poměru 1:10 000. Poté byl roztok vlit do formy, aby ztuhl.

3. Ozařování vzorku

Vzorky tekuté jsme ozářili na zdroji ^{60}Co dávkou 2, 5, 10 a 20 Gy a suché dávkami 20, 50, 100, 200 Gy. Určili jsme si dobu ozařování pro suché vzorky 12 hodin a tekuté vzorky 30 minut a na základě čtvercového zákona byly vypočítány vzdálenosti pro ozařování. Vzorky byly tedy ozářeny za stejných podmínek.

4. Elektroforéza

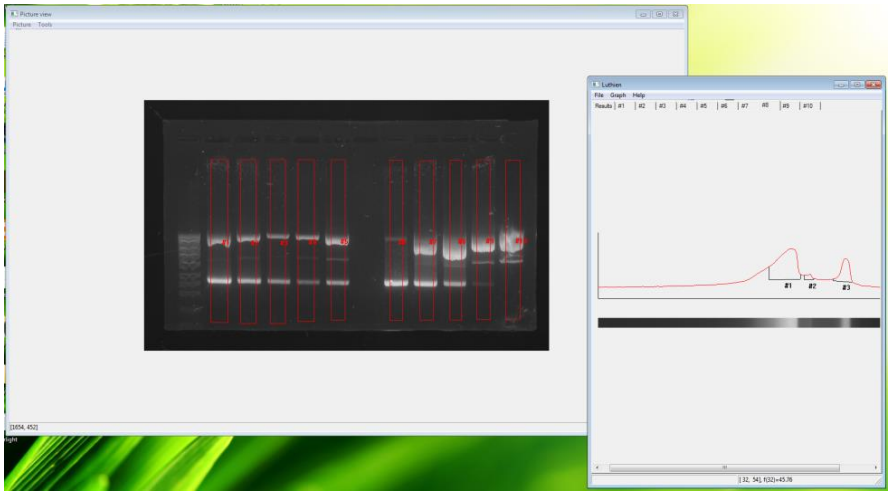
Ztuhlý gel jsme přesunuli do horizontální lázně, kterou jsme vyplnili 0,5x TAE pufrem. Do každého vzorku byly přidány 2 µl barviva a rychle jsme nanesli vzorky na gel v definovaném pořadí (každý do jedné jamky). Elektrody jsme zapojili tak, aby DNA migrovala na gelu ve správném směru, tj. ke katodě. Použili jsme napětí 100 V a čas 60 minut.

5. Zobrazení gelu

Gel jsme opatrně vyjmuli z lázně a nasnímali jej v temné komoře při osvícení UV zářením (za použití ochranných brýlí).

6. Vyhodnocení

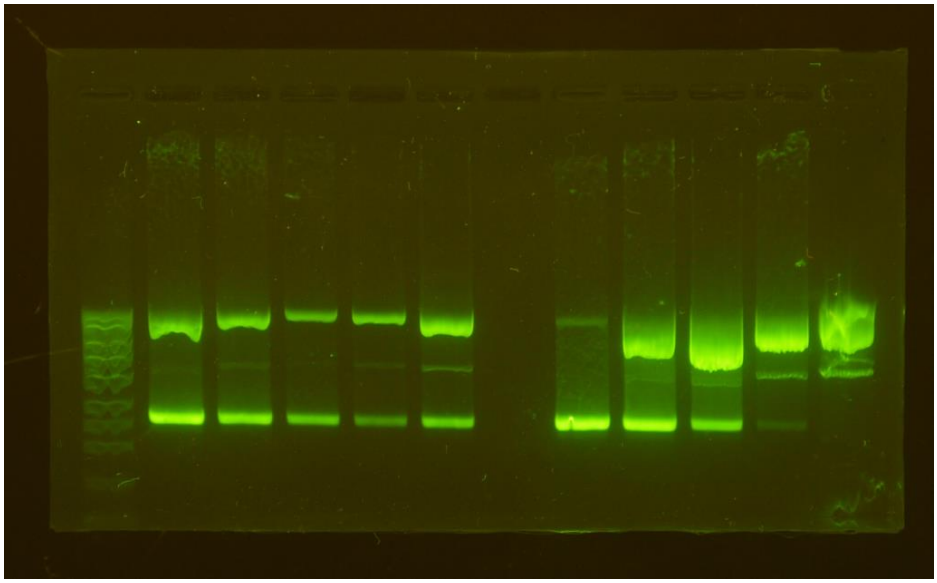
Pro vyhodnocení míry poškození DNA jsme použili program Luthien. Který nám na základě pořízeného gelu procentuálně určí zastoupení různých forem DNA v daném vzorku. Názorná ukázka na obr.2.



Obr.2: Vyhodnocování programem Luthien

3 Shrnutí

Z vyhodnocení vzorků je jasně patrné, že vzorky DNA obsahující vodu byly daleko více poškozené, než vzorky suché, které byly ozařovány daleko delší dobu. Tato skutečnost byla zjevně způsobena tím, že u suchých vzorků nebylo možné poškození vzniklé kvůli radikálům, iontům a dalším látkám, které vznikly z vody u vzorků tekutých. S rostoucí dávkou záření také rostla koncentrace poškozených forem DNA (viz. obr. 3).



Obr. 3: UV snímek gelu po vystavení DNA prostředí elektrolytu

Jak již bylo řečeno, v případě ponoření gelu do elektrolytu se nejrychleji pohybuje forma stočená, poté lineární a nejpomaleji kruhová. To je na obrázku rovněž patrné, neboť s rostoucí dávkou záření postupně klesá množství zdravé DNA a u nejvyšších dávek není na fotografii zdravé DNA téměř vůbec viditelné.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Ing. Anně Michaelidesové za pomoc a péči, kterou nám věnovala při zpracovávání tohoto projektu, stejně jako za poskytnutí vhodných zdrojů pro zpracování teoretické části a samozřejmě za to, že jsme se naučili něco nového.

Reference:

1. von Sonntag, C.: Free-radical-induced DNA damage and its repair, a chemical perspective, Springer, Heidelberg 2006.

2. Mozumder, A. and Hatano, Y.: Charged particle and photon interactions with matter, chemical, physicochemical, and biochemical consequences with applications, Marcel Dekker, Inc., New York 2004.

3. Kuna, P. and Navrátil, L.: Klinická radiobiologie, Manus, Praha 2005.

4. Garfin, D.E.: Electrophoretic methods, Academic Press, 2000.

Narušování symetrie v laserovém rezonátoru

M. Cimrman[*] M.Tomanová[**] T.Jakubec[***]

Tento miniprojekt se zabývá příčnými módy laserového rezonátoru. Jeho výstupem jsou intenzitní obrazy různých typů módů. Základem měřící aparatury byl Nd:YAG laser. Pracovali jsme se zářením vlnové délky 1064 nm.

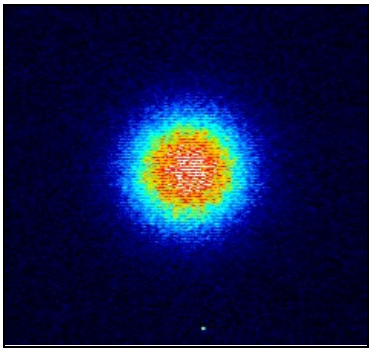
1 Úvod

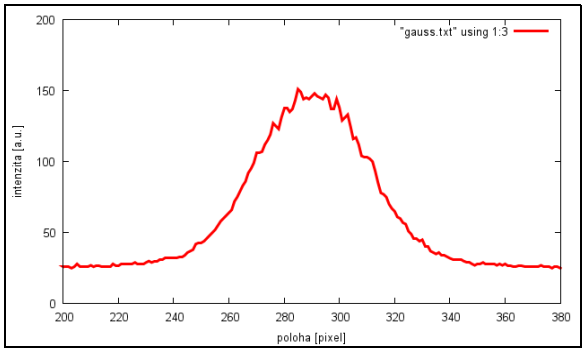
Cílem tohoto miniprojektu je seznámení s konstrukcí a fungováním Nd:YAG laseru, jak po stránce teoretické, tak praktické, zejména z hlediska příčné struktury výstupního svazku.

2 Popis experimentu

Laser se skládá z čerpací laserové diody, vyzařující na vlnové délce 808 nm, dvou čoček, které soustřeďují záření do krystalu. Dále z laserového krystalu, výstupního zrcadla o poloměru křivosti 10 cm, filtru, stínítka a CCD kamery. Zadní zrcadlo rezonátoru je napařeno přímo na straně krystalu a je rovinné.

Čerpací záření je soustředěno do ohniska, ve kterém se nachází krystal. Toto záření je účinně absorbováno v krystalu a vyvolá v něm inverzi populace elektronových hladin, tím může dojít ke stimulované emisi. Generované záření na vlnové délce 1064 nm se mnohokrát odrazí mezi zrcadly rezonátoru. Přední zrcadlo je částečně propustné pro generované záření a propustí 2% generovaného záření mimo rezonátor. Filtr zachytí zbytky čerpacího záření a výsledný profil svazku je možné sledovat na stínítku pomocí CCD kamery.





[*]Gymnázium Teplice, martin.cimrman@gmail.com
[**]GSOŠ Klášterec n. Ohří, misa.tomanova@seznam.cz
[***]Gymnázium Trutnov, ja248@seznam.cz

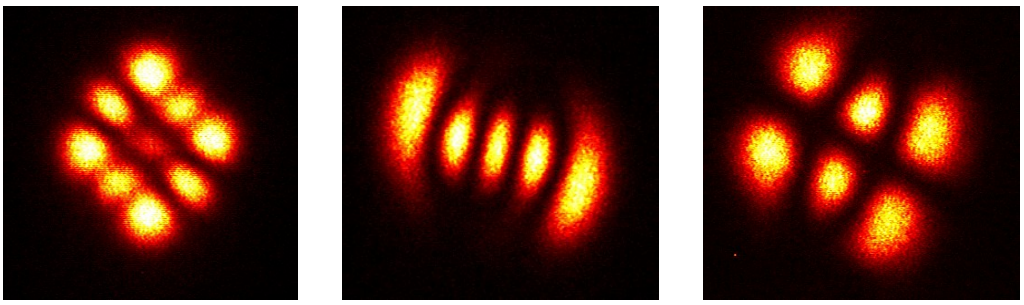
Profil svazku je určený vzájemnou polohou zrcadel a krystalu. Svazek nemůže být libovolný, vlny se při pohybu mezi zrcadly rezonátoru musí odrazit od obou zrcadel beze změny svého tvaru. Tyto profily se nazývají příčné módy. Základním módem je mód gaussovský. Jakýkoliv řez vedený středem tohoto módu znázorňující intenzitu bude tvarem odpovídat Gaussově křivce.

Vhodným nakloněním zrcadel rezonátoru získáme módy vyšších řádů. Profily těchto módů matematicky odpovídají vynásobením gaussouvy funkce polynomem příslušným typu narušení symetrie. V případě pravoúhlého naklonění zrcadel jde o Hermitovy polynomy, v případě sférického naklonění jde o polynomy Laguerrovy a v obecném eliptickém případě o polynomy ince.

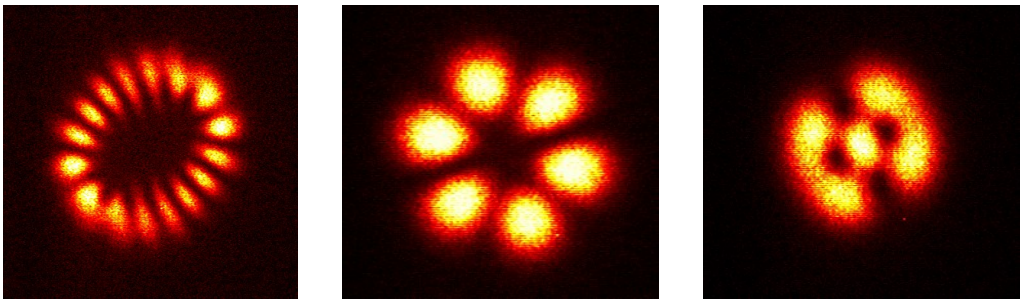
3 Výsledky měření

Naměřili jsme následující příčné módy:

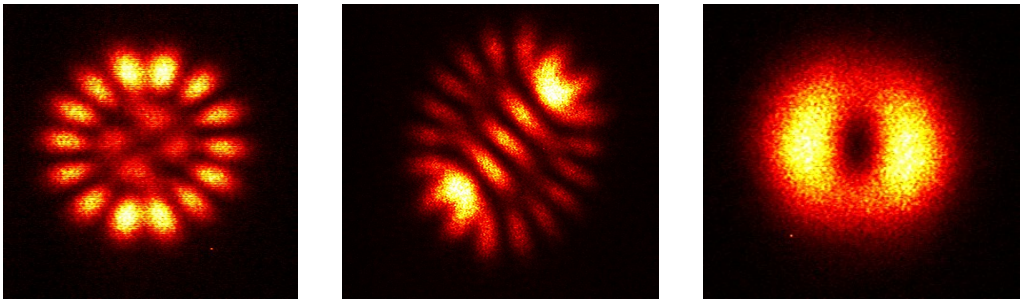
a) Hermitovské-Gaussovské



b) Laguerrovské-Gaussovské



c) Inceovské-Gaussovské



4 Závěr

Seznámili jsme se s principem laserového rezonátoru, prakticky jsme si vyzkoušeli jeho nastavování, naměřili jsme několik typů módů a naučili jsme se počítačově zpracovávat výsledky měření.

5.Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za organizaci Týdne vědy na Jaderce. Také děkujeme vedoucímu našeho miniprojektu Ing. Josefu Blažejovi Ph.D za supervizi tohoto projektu.

6.Reference

Bhaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich – *Základy fotoniky svazek 1* matfyzpress 1994

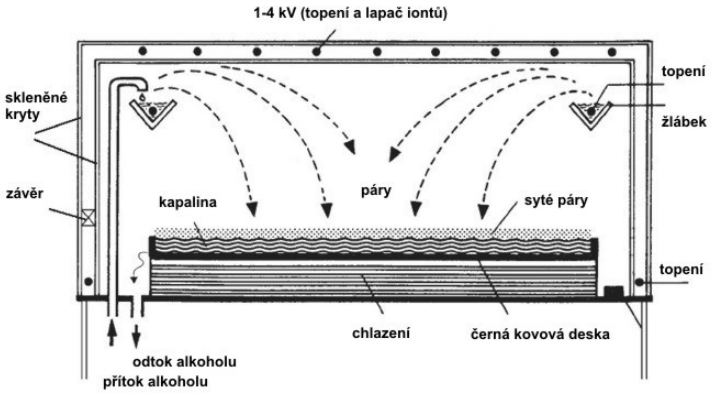
Mlžná komora

M. Fil*
A. Konšel**
M. Robotková***
I. Zatočilová☺
*Gymnázium Příbram, Legionářů 402, Příbram
**Gymnázium Komenského, Komenského 16, Vyškov
***Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27, Velké Meziříčí
☺Gymnázium Jiřího Ortena, Jaselská 932, Kutná Hora
*miroslav.fil@seznam.cz
**konsel4@seznam.cz
***robotkova.m@seznam.cz
☺iveta.zatocilova@studenti.gymkh.eu

Abstrakt:
Tato práce se zabývá měřením energií částic pomocí difúzní mlžné komory. Tyto energie určujeme podle tvaru trajektorií částic v magnetickém poli. Zmíněnou metodou jsme se pokusili sestavit spektrum elektronů laboratorního β zářiče.

1 Úvod

Mlžná komora je detektor ionizujícího záření, které v ní můžeme pozorovat díky kondenzaci podchlazené páry kolem jeho trajektorií. Záření ionizuje vzduch a vzniklé ionty působí jako kondenzační jádra díky polárním vazbám v páře.



Obrázek 1: Schéma komory

První mlžná komora byla sestrojena v roce 1911 skotským fyzikem C. T. R. Wilsonem. Jednalo se o komoru expanzní, ve které dochází k podchlazení páry prudkým zvětšením objemu. Trajektorie částic bylo možné pozorovat vždy jen do chvíle, kdy se teplota páry vyrovnala s okolní teplotou.

Pozdějším typem je komora difúzní, ve které se udržuje rozdíl teplot stálým vyhříváním kapaliny ve vrchní části a chlazením dna komory. Oproti expanzní komoře je možno pozorovat trajektorie částic jen ve vrstvě blízko chlazeného dna.

Při našem experimentu jsme pracovali s komorou difúzní.

2 Vybavení

Mlžná komora, kterou jsme k experimentu použili, byla vyrobena z plexiskla, kromě plechového dna. Pod odnímatelným víkem se v horní části komory nacházely vytápěné nádobky naplněné izopropylalkoholem, který slouží jako zdroj páry. Dno bylo zevnitř polepené černou izolační páskou pro zlepšení viditelnosti stop a zvenku chlazené suchým ledem. Při pozorování jsme jako zdroj světla použili dvanáct vysoce svítivých diod.

Při experimentu jsme do suchého ledu pod dno mlžné komory umístili feritový magnet o rozměrech 10×15 cm. Jeho remanenci jsme určili měřením síly potřebné k odtržení od kusu oceli jako 0,19 ± 0,01 T.

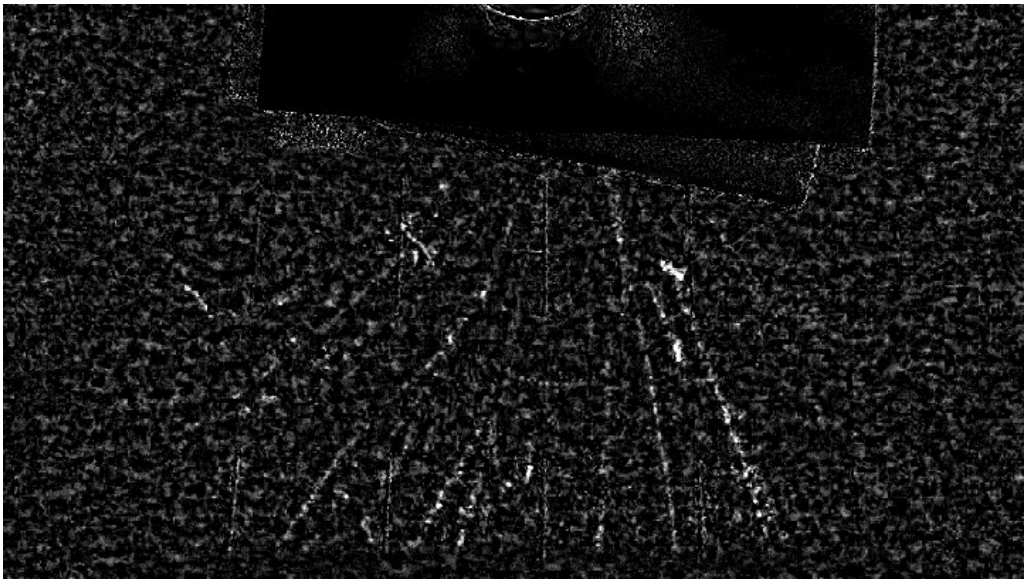
Jako zdroj záření β jsme použili ^{90}Sr.

3 Experiment

Naším cílem bylo sestavení energetického spektra β-záření počítáním energií vyzářených elektronů. Energii elektronů jsme zjišťovali na základě působení sil na nabité částice v magnetickém poli. Výpočet jsme provedli uplatněním vzorce:

V tomto vzorci r značí změřený poloměr trajektorie elektronu, B je magnetická indukce a q náboj elektronu.

Za účelem zjištění poloměrů jsme fotograficky zaznamenávali stopy elektronů. Všechny snímky jsme navíc upravili odečtením pozadí a následně jsme na stopy fitovali oblouk kružnice.



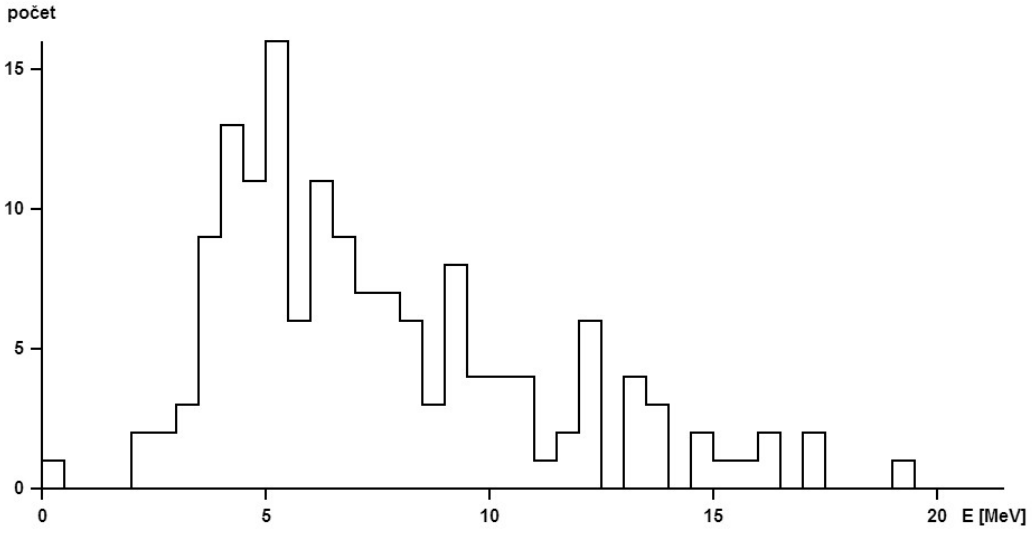
Obrázek 2: Zpracovaný snímek (zářič na horním okraji)

4 Výsledky

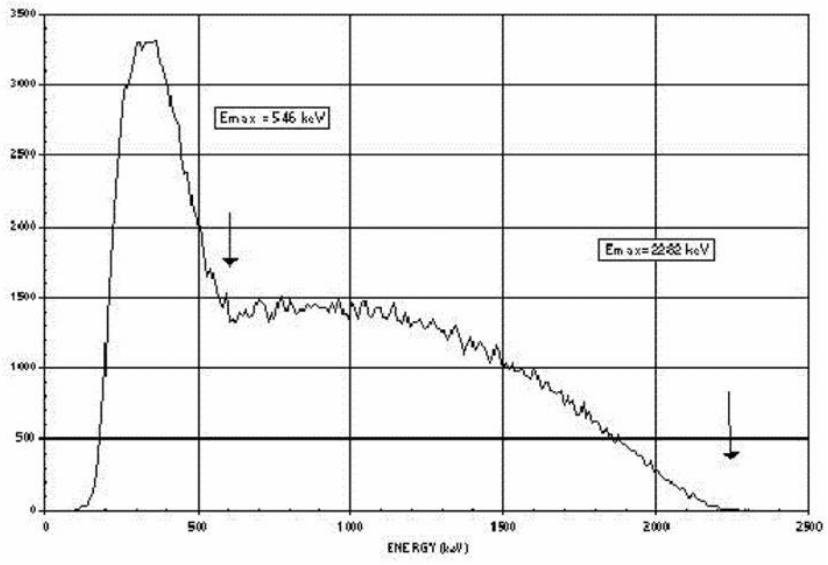
Změřili jsme energie 153 elektronů, o nichž jsme přesvědčeni, že pocházejí ze stroncia. Obrázek 3 znázorňuje výsledky v podobě histogramu.

Naše výsledky jsme porovnávali s očekávanými výsledky z grafu na obrázku 4. Tvar histogramu přibližně odpovídá, ale hodnoty energie jsou značně nadhodnoceny. Soudíme, že chyba je způsobena špatným určením magnetické indukce, která se zdá být asi pětkrát menší než naměřená hodnota.

Dalšími chybami můžou být náhodné odchylky způsobené nedostatečným množstvím dat a započtení stop, které ze stroncia nepocházely. Rovněž může být histogram ovlivněn vynecháním stop, které se naší metodou špatně měřily, tedy krátkých a rovných.



Obrázek 3: Rozdělení změřených elektronů podle energie



Obrázek 4: Očekávané výsledky (převzato z [2])

5 Shrnutí

V našem experimentu jsme se zabývali fungováním mlžné komory. S využitím magnetického pole a fotografického záznamu jsme změřili energetické spektrum záření izotopu ^{90}Sr.

Ve výsledcích je patrná systematická chyba způsobená zřejmě špatným určením magnetické indukce. Pro příští měření by bylo vhodné použít přesnější metodu jejího měření nebo místo magnetu použít Helmholtzovy cívky.

6 Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za organizaci Týdne vědy, zvláště Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. Speciální poděkování patří supervizorovi projektu Viktoru Löffelmannovi.

7 Reference

[1] LÖFFELMANN V.: *Mlžná komora*
http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora/ (18. 6. 2013)

[2] *Active stopper working group*
http://web-docs.gsi.de/~wolle/EB_at_GSI/STOPPED_BEAMS/ACTIVE_STOPPER/active-stopper.html

[3] *Difúzní mlžná komora*
http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/

Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku

M. Hyblová (marie.hyblova2@seznam.cz)
O. Knap (andres2@seznam.cz)
E. Radová (radova.eli@seznam.cz)
M. Štajer (martinstajer@seznam.cz)

Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8 - Libeň
a
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické v Praze
Břehová 7, 115 19 Praha 1

Abstrakt

Kůže je životně důležitý orgán lidského těla. Studium jejích mechanických vlastností může přispět v rozvoji farmaceutického a kosmetického průmyslu, dermatologie a plastické chirurgie. Tato výzkumná práce je postavena na dvou experimentech zkoumajících mechanické vlastnosti lidské kůže (což je biopolymer). V prvním experimentu jsme pomocí speciálního přístroje měřili závislost napětí kůže na jejím prodloužení. Dále, pomocí kruhové sondy jsme v druhém experimentu měřili anizotropii kůže. Výsledkem jsou grafy dokazující elasticitu kůže a její anizotropii pro každého jedince individuálně.

1 Úvod

Kůže je největší orgán lidského těla vzhledem k jejím rozměrům. Má mnoho funkcí (metabolickou, ochrannou, termoregulační, ….) a vlastností, jak fyziologických (které jsou již dobře prozkoumány) tak mechanických, mezi které patří např. elasticita, pružnost, pevnost a anizotropie. Tyto vlastnosti jsme během experimentů zkoumali.

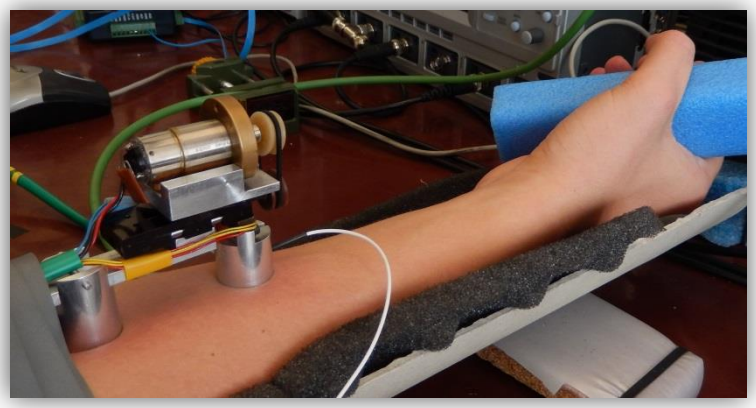
Elasticita kůže je dána elastinem, který soustavným namáháním kůže ubývá a přibývá neelastický kolagen, v důsledku čehož kůže ztrácí svou pružnost a stává se tužší a křehčí. Právě na zjišťování stavu elasticity kůže jsme využili přístroj založený na vysílání ultrazvukových vln a současném mechanickém namáhání kůže.

Anizotropie kůže je pro každého jedince individuální. Proto je potřeba ji měřit pro každého jedince zvlášť, což jsme provedli ve druhém experimentu.

Výsledkem jsou grafy, na kterých můžeme pozorovat výše zmíněné vlastnosti.

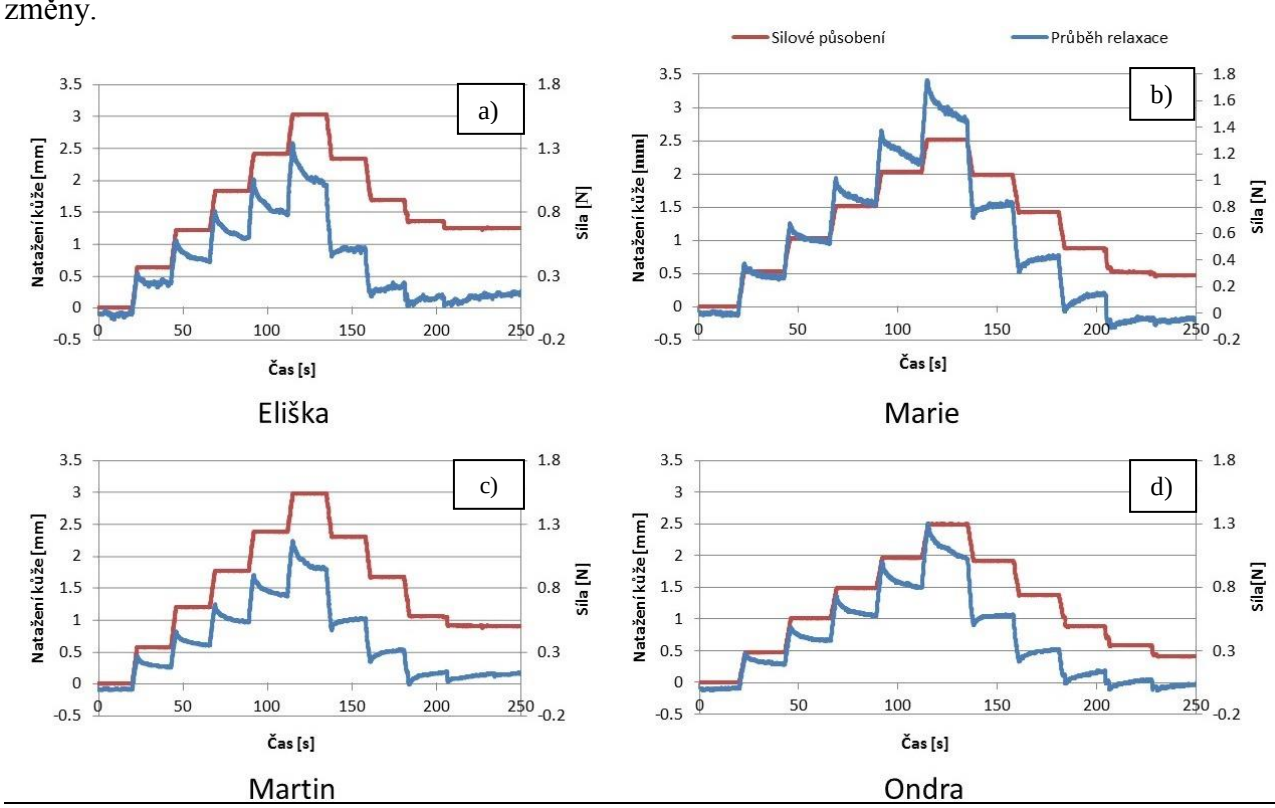
2 Měření elasticity

Elasticitu lidské kůže jsme měřili pomocí speciálního přístroje (obrázek 1), který kombinuje mechanické namáhání kůže v tahu s ultrazvukem, jenž umožňuje sledovat okamžité změny v kůži. Princip přístroje je stupňovité natahování kůže a po dosažení určitého natažení následuje postupné uvolňování. Přístroj je opatřen třemi ultrazvukovými sondami, jednou vysílací a dvěma přijímacími. Jedna přijímací sonda je pevná (sonda A) a druhá natahuje kůži - je pohyblivá (sonda B).



Obrázek 1: Přístroj na měření elasticity lidské kůže

Pomocí přístroje můžeme dále měřit vzdálenost sond a napětí, kterým kůže reaguje na vyvolané změny.

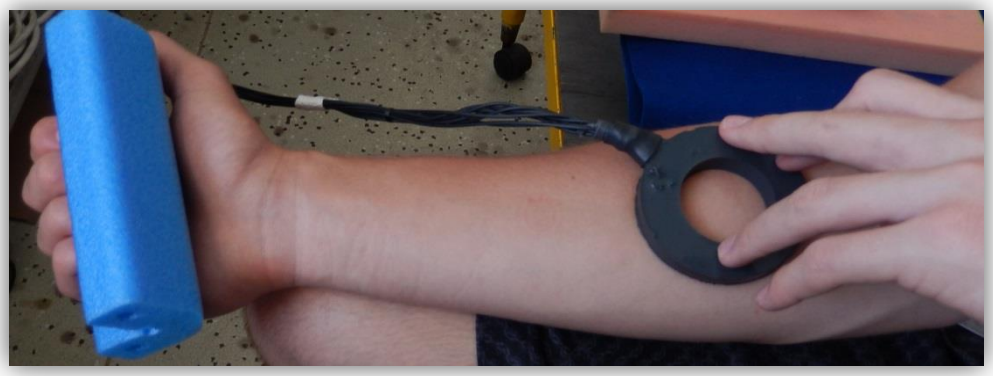


Obrázek 2: Závislost napětí kůže na jejím natažení

Na obrázku 2 můžeme porovnat závislost napětí kůže na jeho natažení pro 4 jedince ve věku 17 a 18 let. Zatímco na grafech a), b) jsou data pro dívky, na obrázcích c) a d) jsou data chlapců. Na grafech a) a c) je maximální prodloužení kůže 3mm, na grafech b) a d) je to pouze 2,5mm, protože kůže byla příliš elastická a technické parametry experimentu nedovolovaly větší prodloužení. Z tohoto důvodu budeme porovnávat pouze grafy a) a c) a grafy b) a d). Z první dvojice grafů je vidět, že kůže a) je více elastická (lépe se přizpůsobuje síle) než c). To samé platí o druhé dvojici, kde b) je výrazně elastičtější než d). Dále si můžeme všimnout porušení Bolzmannova principu superpozice, který říká, že dané deformaci odpovídá vždy stejná hodnota napětí. To dokazuje, že kůže je nelineárně viskoelastická.

3 Měření anizotropie

Anizotropie je rozdílnost vlastností materiálu v určitých směrech. Na lidské kůži je anizotropie obecně popsána pomocí Langerových linií. Ty udávají, v jakém směru je kůže elastická více a v jakém směru méně. Anizotropie je ale pro každého jedince individuální, což umožňuje měřit speciální kruhová sonda (obr.3).



Obrázek 3: Kruhová sonda na měření anizotropie

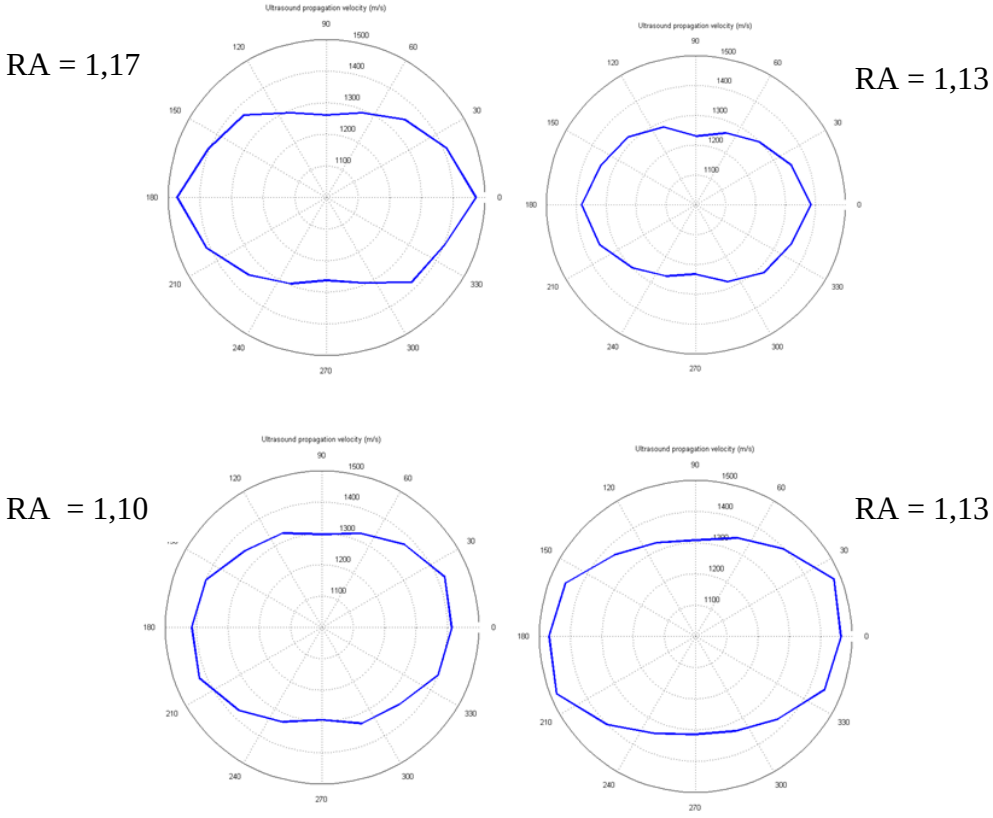
Čím menší je pružnost, tím menší je deformace a větší napětí, tzn. vyšší modul pružnosti. V tomto případě se ultrazvukové vlny šíří v kůži rychleji, což můžeme vidět na následujících grafech (obr. 4). Data jsou pro čtyři osoby ve věku 17 a 18 let. Anizotropii kůže v daném místě na těle (předloktí pravé ruky) určuje hodnota RA (relativní anizotropie),

$$\mathrm{RA} = \frac{v_{max}}{v_{min}}$$

tedy podíl maximální rychlosti šíření ultrazvuku ku minimální. Hodnoty rychlostí šíření ultrazvuku se pohybují mezi 1100 m/s – 1500m/s.

4 Shrnutí

Seznámili jsme se se základními pojmy výzkumu v oblasti elasticity lidské kůže. Poznali jsme vědecké prostředí v Ústavu termomechaniky AV ČR. Provedli jsme dva experimenty, na jejichž základě jsme mohli vyhodnotit elasticitu a anizotropii lidské kůže pro čtyři jedince ve věku 17 a 18 let. Zjistili jsme, že dívky mají kůži elastičtější v porovnání s chlapci. Dále jsme zjistili, že nejvíce anizotropní kůži v daném místě měření mají opět dívky. Tento výzkum nám poskytl širší rozhled v oblasti dermatologie a farmacie, což nás dále motivovalo k výběru vysoké školy po absolvování gymnázia.



Obrázek 4: Závislost rychlosti šíření ultrazvuku na směru a hodnoty relativní anizotropie (RA)

5 Poděkování

Velmi děkujeme Ing. Janě Hradilové a Ústavu termomechaniky AVČR.

Reference:

[1] FERRY, J. D.: *Viscoelastic properties of polymers* John Wiley & Sons,1970, 671 č.1 – č.

[2] RŮŽIČKOVÁ, E.: *Hodnocení mechanických vlastností kožní tkáně pomocí ultrazvuku* Bakalářská práce FJFI ČVUT v Praze, 2008, 49 č.1 – č.49.

Čítání fotonů a jeho aplikace

M. Pokorný, Gymnázium Plasy, matp11@seznam.cz
Z. Procházková, Gymnázium Na Vítězné pláni, zuza.proch@gmail.com
F. Sváček, SPŠSE Dukelská, České Budějovice, filip.svacek@seznam.cz
D. Vít, Gymnázium Trutnov, dominik.vit@gmail.com

Abstrakt:

Na rozdíl od vícefotonového, jednofotonový princip umožňuje detekci světla po kvantech bez nutnosti analogové-digitální konverze, čehož se využívá především ve vesmírném výzkumu k přenosu přesného času a pro tzv. Satelitte Laser Ranging. Tento projekt byl zaměřen na představení tohoto konceptu. Naším úkolem bylo s touto metodou provést několik praktických úkolů jako například změření indexu lomu bezpečnostního skla a vzdálenosti terče.

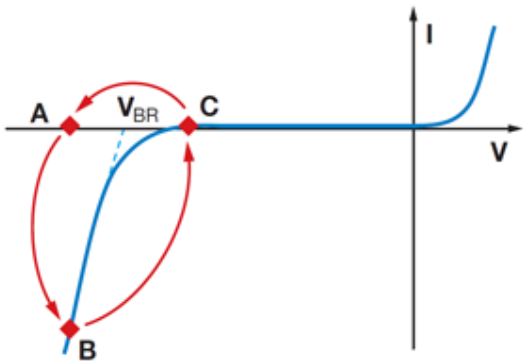
1 Úvod

Metoda čítání fotonů je založena na detekci jednotlivých fotonů emitovaných z laseru a odražených od terče. Oproti více fotonovému měření má výhodu ve sníženém objemu, hmotnosti zařízení a také v jeho energetické úspornosti (méně výkonný laser), čehož se využívá zejména při výzkumu vesmíru. Dále pro měření času s přesností na pikosekundy nebo k měření vzdálenosti či tloušťky. Jeho nevýhoda spočívá v nutnosti opakování měření pro získání potřebného množství dat, proto není možné měřit rychle se měnící děje.

Čítání fotonů

Princip čítání fotonů

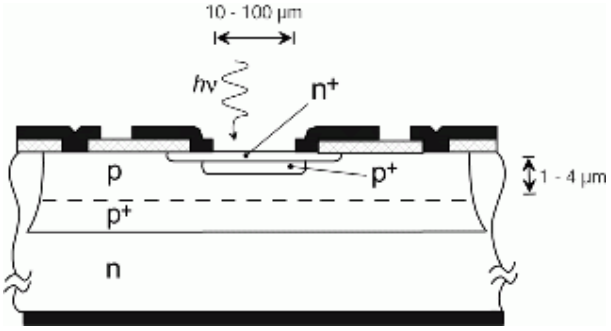
Tato dioda se nazývá Single Photon Avalanche Diode (SPAD). Pro měření fotonů používáme lavinovou diodu v Geiger modu. To znamená, že je předepnutá za průrazné napětí. V tomto stavu neprochází diodou žádný proud, je však citlivá na jakýkoliv vzruch (signálový foton, termálně excitovaný elektron, foton z pozadí).



Geiger mód

V bodu C můžeme vidět, že napětí je těsně před bodem průrazu. Pro měření nastavíme napětí do bodu A. V bodě A můžeme vidět Diodu v Geiger módu, kdy jí neprochází proud, i když je napětí za průraznou oblastí. Když přijde na SPAD určitý vzruch, tak se dioda prorazí a dostane se do stavu B. Obslužný obvod SPADu je stavěný tak, že po průrazu v bodě B zajistí,

aby se napětí vrátilo do bodu C. Následně se tento proces opakuje.
Foton v této diodě uvolní elektron a vzniká zde lavinový efekt, kdy jeden elektron naráží do ostatních, které se následovně také uvolňují.
Pro představu, abychom mohli eliminovat fotony z okolí (např. osvětlení, slunce) musíme mít filtr, který nám odfiltruje všechny fotony, které mají jinou frekvenci než ty, které chceme pozorovat. Zbylé šumové fotony rozlišíme od signálových statistickým zpracováním v histogramu.

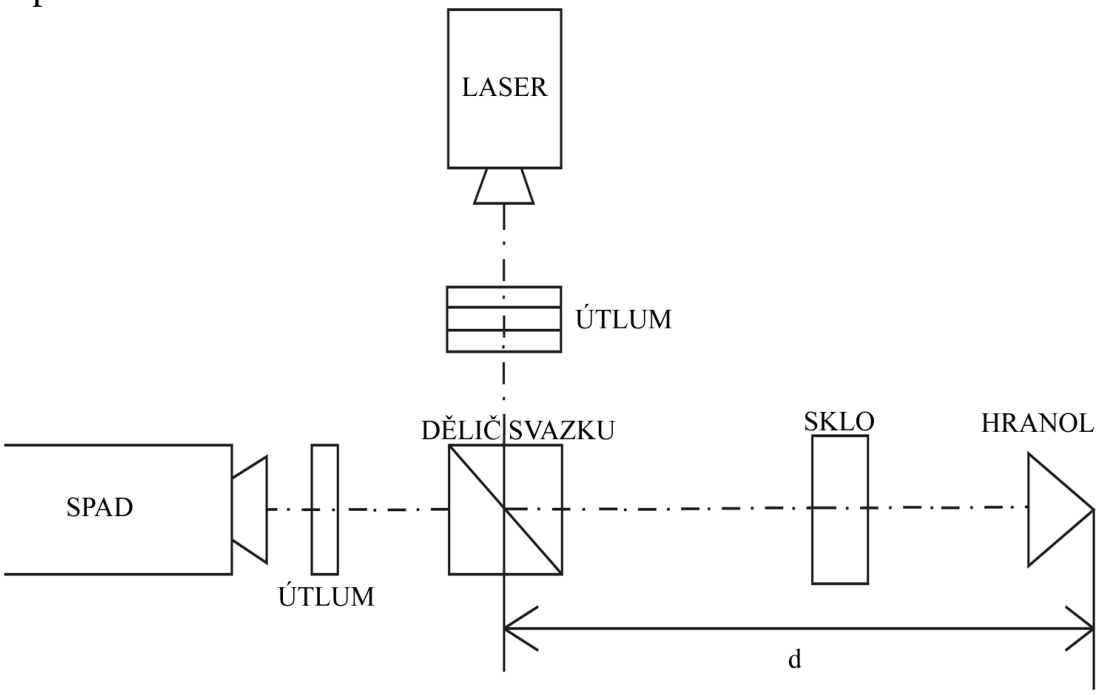


Obr. 2

Použití

Rychlost světla je ve vakuu konstantní a vliv různých optických prostředí není těžké zahrnout. Díky tomu můžeme tuto technologii využít ve výškoměru pro sondy mapující povrch cizích planet a asteroidů. Dále tímto způsobem můžeme měřit složení a hustotu atmosféry u planet. Také tímto způsobem můžeme zpřesnit seřizování času v palubních hodinách satelitů provozujících navigaci.

Experiment



Obr. 3 Schéma zapojení laseru a detektoru SPAD

Náš miniprojekt spočíval ve čtyřech úkolech, které jsme měli provést na soustavě pro měření experimentu (obr. 2). Světlo o vlnové délce 532 nm, odpovídající zelenému spektru, se emituje z laseru o vysoké frekvenci opakování (1 MHz). Cestou se redukuje na utlumovačích, díky nimž na detektor ve výsledku dopadají samostatné fotony, čímž se simuluje měření delších vzdáleností. Po dopadu na dělič svazku se část fotonů ztratí, část se odrazí kolmo, směrem na hranol, na kterém se odrazí zpět a přiletí na detektor (SPAD), a část proletí osou děliče, odrazí se na zadní stěně a poté kolmo, směrem do detektoru. To se nám projeví na grafu v podobě 2 vrcholů, které ukážou dobu, za jakou paprsek laseru dorazí na

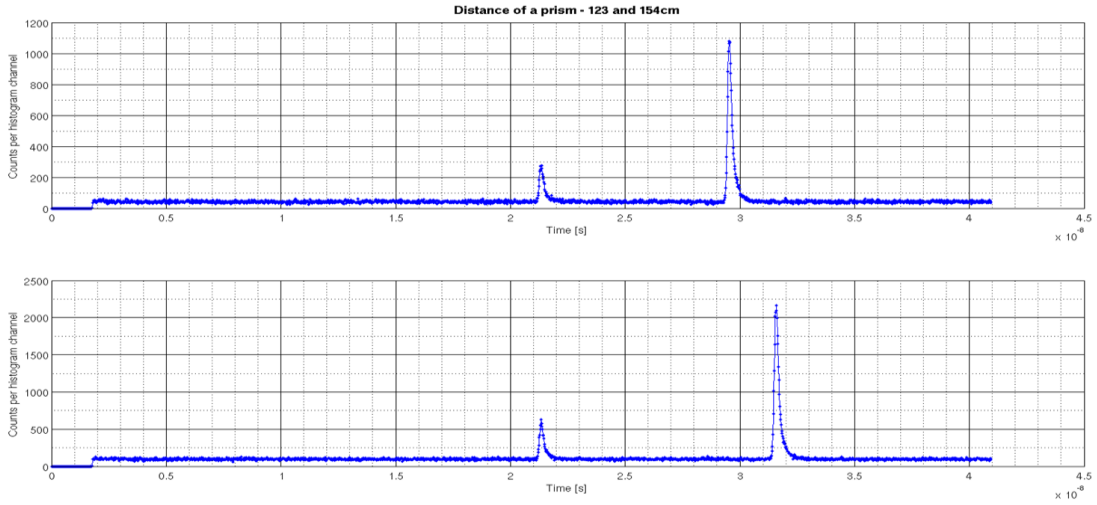
SPAD jenom přes dělič a po odrazu hranolu.

- **měření vzdálenosti terče**

V prvním měření bylo našim cílem vypočítat vzdálenost hranolu od děliče svazku na základě časového rozdílu 2 vrcholů odečteného z histogramu příchodu jednotlivých fotonů. Vzdálenost jsme vypočítali ze vztahu

$$d = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$

kdy Δt bylo měřeno v kanálech a my jsme jej museli násobit 20 ps odpovídajícími 1 kanálu. Provedli jsme měření pro 5 různých poloh hranolu a dopočítali odpovídající vzdálenost. Při porovnání s hodnotami změřenými metrem jsme zjistili konstantní odchylku (7 cm), která byla zřejmě dána indexem lomu při průchodu světla jiným prostředím.



Obr. 4 Měření vzdálenosti terče při posunutí od 30 cm

- **měření neprůstřelného skla**

V dalším měření jsme vkládali mezi dělič a terč kvádr různě tlustého neprůstřelného skla.

- index lomu

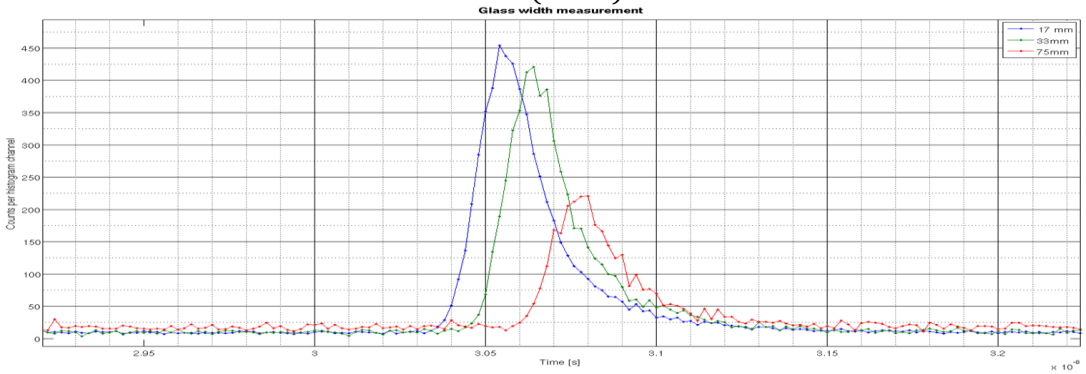
Nejprve jsme vzali kvádr se známou šířkou a naměřili u něj zpoždění oproti stavu bez něj. Od toho jsme odvodili zpoždění t způsobené změnou rychlosti světla v jiném prostředí a dosadili do vzorce pro index lomu

$$n = \frac{c}{v_c} = \frac{\Delta t + t_0}{t_0} = 1{,}53$$

- tloušťka skla

Opačný proces jsme použili při měření tloušťky vzorku neprůstřelného skla, kdy jsme vycházeli z časového zpoždění a za index lomu dosadili předchozí naměřenou hodnotu 1,53. Konečná výchylka byla 2 cm.

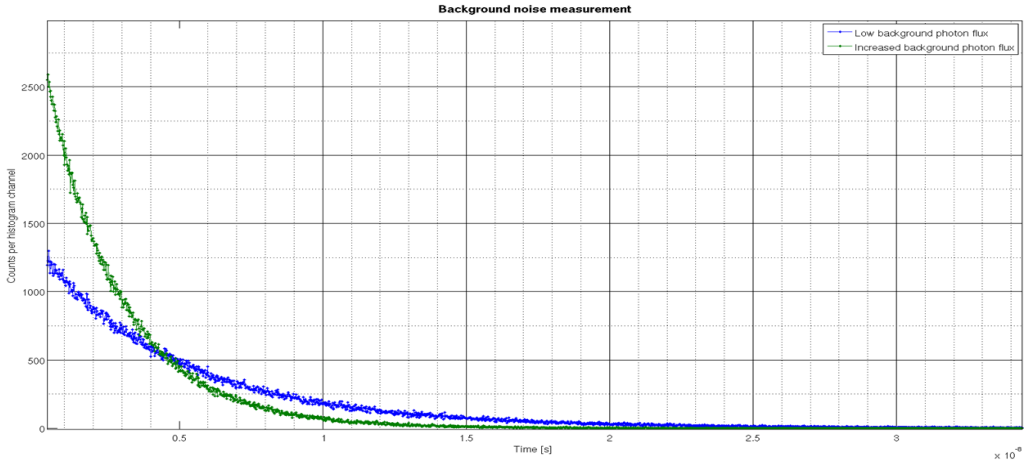
$$d = \frac{\Delta t \cdot c}{2(n-1)}$$



Obr. 5 Měření tloušťky kvádrů neprůstřelného skla

- **měření světelného šumu v místnosti**

Posledním měřením, které jsme prováděli, bylo měření intenzity dopadajícího světla na SPAD. Čas příchodu fotonů se řídí exponenciálním rozdělením. Při rozsvícení lampy bylo množství fotonů větší, čímž se změnil parametr exponenciálního rozdělení, které bylo strmější. Naopak za snížené intenzity závislost klesala pozvolněji. Tedy určením parametru exponenciálního rozdělení fotonu lze spočítat intenzitu dopadajícího záření.



Obr. 6 Měření světelného šumu v místnosti

3 Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme se nejprve seznámili s principem čítání fotonů a jeho využití. Poté jsme si sami vyzkoušeli sérii měření. V prvním jsme úspěšně změřili vzdálenost terče od děliče laserového svazku, v druhém jsme zjistili index lomu ve skle, ve třetím jsme u různých skel měřili jejich šířku a naposled jsme zkoumali chování fotodiody při různých intenzitách osvětlení.

Poděkování

Naše poděkování patří prof. Ing. Ivanovi Procházkovi DrSc., Ing. Vojtěchu Michálkovi a Ing. Michaelu Vackovi za vedení při miniprojektu, za rady, za čas, který nám věnovali a za poskytnutí vědeckých prostředků.

Reference:

[1]VACEK M- MICHÁLEK V.: Photon counting altimeter and lidar for air and space borne applications
[2] PROCHAZKA I.- SCHREIBER U.: The European Laser Timing (ELT) experiment on-board ACES
[3]PROCHÁZKA I.- BLAZEJ J.: Photon Counting Module for Lase Time Transfer via Earth Orbiting Satellite

Měření spektra gama záření scintilačním počítačem

M. Bambuch, Masarykovo gymnázium Vsetín,
michal.bambuch@gmail.com

J. Suchan, Gymnázium J. Hradec, ji.suchan@seznam.cz

P. Vrbka, Gymnázium Třebíč, pavel.vr@seznam.cz

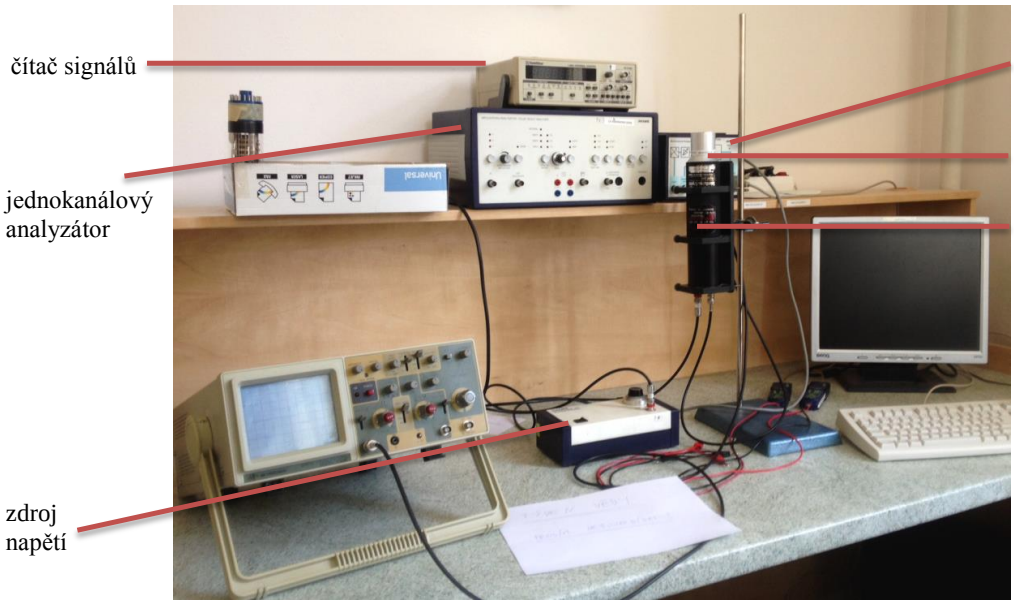
Abstrakt:

U rozpadu izotopů, při kterém vzniká záření gama, jsme schopni měřit spektrum tohoto záření, které je specifické právě pro tento prvek. Naším úkolem bylo vyzkoušet tuto metodu a zjistit složení neznámého vzorku.

1 Úvod

Gama záření je vysokoenergetické elektromagnetické záření, vznikající při rozpadu atomového jádra. Spektrum tohoto záření je specifické pro každou látku. Při měření jsme využili jedno i vícekanálový analyzátor, kterým jsme vyčítali signál z detektoru. Odezvu detektoru bylo třeba zkalibrovat naměřením spektra známých izotopů (^{137}Cs, ^{60}Co) a následným přiřazením tabulkových hodnot lokálních maxim spektra k odpovídajícím kanálům.

2 Princip měření



(obr. 1 – měřicí soustava)

Zářič je umístěn na vrchní stranu scintilátoru. Emitované fotony gama záření vstupují skrz monokrystal NaI:Tl, kde excitují elektrony valenčního pásu, které přecházejí do pásu vodivostního. Následně dochází k deexcitaci a uvolnění fotonu obvykle již ve viditelné části spektra. Takto emitované fotony s monokrystalem dále neinteragují a putují na fotokatodu fotonásobiče. Na fotokatodě dochází k fotoefektu. Takto uvolněné elektrony cestují ve směru potenciálu a při srážkách s povrchem dynod uvolňují další elektrony. Na anodě nakonec získáváme dostatečně silný signál. Výstupní signál dále putuje do jednokanálového analyzátoru, kde je zpracován a dále vyhodnocen manuálně (pomocí čítače signálů) nebo automaticky (pomocí počítače). Při dalším měření byl použit vícekanálový analyzátor, který je plně automatický.

Měření pomocí jednokanálového analyzátoru

Při použití této metody jsme schopni pozorovat vždy právě určitou část spektra, tedy kanál. V našem případě jsme postupovali po 100mV intervalech signálu, které nám určovaly šířku kanálu v celkovém rozsahu 0-10V. Pro každý kanál jsme měřili počet impulsů během časového intervalu 10s.
Měření jsme prováděli manuálně odečtením počtu impulsů z čítače signálů a jeho ručním přepisem do PC. Při automatickém módu byl počet impulzů vyčítán programem Data Studio.

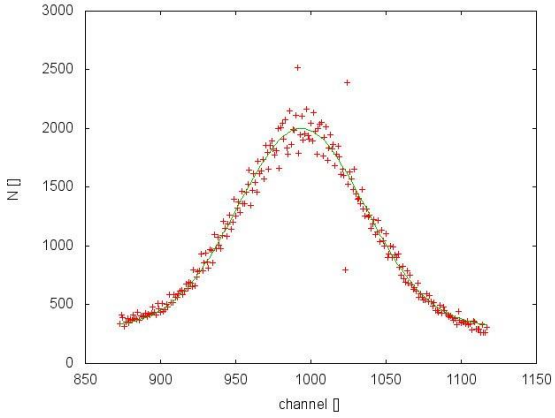
Měření pomocí vícekanálového analyzátoru

Pomocí vícekanálového analyzátoru jsme mohli provádět měření ve všech kanálech najednou. Data u každého vzorku jsme sbírali po dobu deseti minut. Výsledný graf popisoval závislost počtu signálů pořadí kanálu.

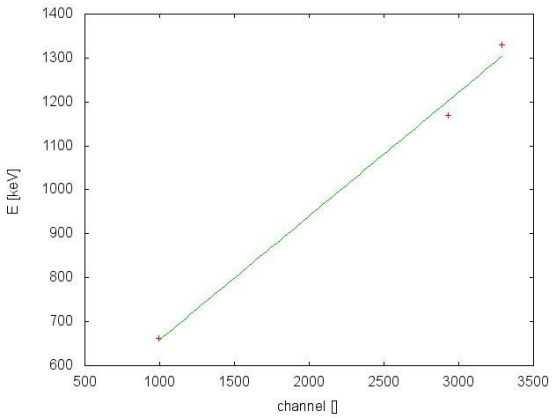
3 Výsledky měření

Kalibrace

Pro vyhodnocení naměřených spekter bylo potřeba přiřadit ke kanálům odpovídající hodnoty energie. Kalibrace byla prováděna použitím izotopů ^{137}Cs a ^{60}Co. Kvůli dosažení větší přesnosti jsme proložili naměřené hodnoty tvořící lokální maximum Gaussovou křivkou (obr. 2). Proložením jsme dostali číslo kanálu, které odpovídalo hodnotě středu vrcholku. Získaný kanál pak představoval hodnotu tabulkové energie. Při použití více vrcholků jsme byli schopni přiřadit hodnoty energie k jednotlivým kanálům (obr. 3).



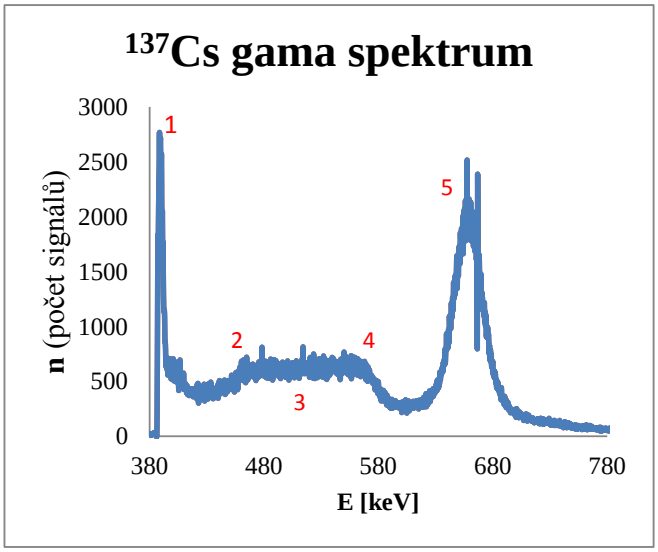
Obr. 2 – Gaussova křivka



Obr. 3 – Kalibrační přímka

Interpretace spekter

Po kalibraci a odečtení přirozeného radiačního pozadí jsme začali s interpretací grafů. Na ose x je vynesena energie dopadajících fotonů a na ose y jejich četnost. Při průchodu fotonů fotonásobičem dochází k několika jevům, které ovlivňují podobu konečného grafu. Jejich projev jsme popsali na spektru ^{137}Cs.



1 - Rentgenové záření dceřiných jader (uvolnění přebytečné energie)

2 - Pík zpětného rozptylu (vzniká odražením fotonu od elektronu o 0 - 180°)

3 - Comptonovo kontinuum

4 - Comptonova hrana (nejvyšší hranice energie pro elektrony, u kterých došlo ke C. jevu)

5 - Pík úplného pohlcení (pohlcení celkové energie gama záření detektorem)

Probíhající jevy:

Žádoucí

A) Fotoefekt – elektron prochází materiálem nezměněn o takové energii, jakou měl původní gama foton. Ve spektru se projeví píkem úplného pohlcení – tato hodnota je pro nás nejdůležitější.

Nežádoucí

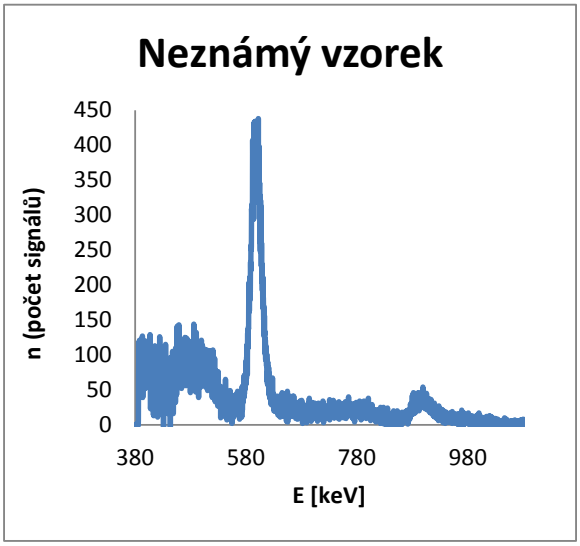
A) Comptonův rozptyl – dochází k němu při srážce fotonu a elektronu, kdy foton předá část své energie elektronu a oba se poté odchýlí o určitý úhel. Předaná energie se vypočítá dle následující rovnice:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

B) Tvorba elektron-pozitronových párů – v blízkosti atomového jádra se gama energie zcela přemění na částice elektron a pozitron (hybnost se přenáší na atom). Vzniklé částice nadále ztrácí svou energii, až nakonec pozitron anihiluje s libovolným elektronem za vzniku obvykle dvou fotonů.

Určení neznámého vzorku

Po analýze neznámého vzorku jsme zjistili, že největší pík má energii 602 keV. Bohužel jsme došli k závěru, že naše kalibrace nebyla úplně přesná. Hledaným izotopem byl ^{24}Na, který dle tabulkových hodnot vyzařuje energii okolo 500 keV (β rozpad) a dále na dvou dalších hladinách (gama) 1368 keV a 2754 keV (což je mimo měřený rozsah). Po nahlédnutí do grafu „Neznámý vzorek“ zjišťujeme, že tabulkové hodnoty neodpovídají naměřeným. Průběh grafu je ovšem velmi podobný, pro zlepšení výsledků by bylo třeba provést přesnější kalibraci dle více bodů.



4 Shrnutí

Gama spektroskopie je rychlá a přesná metoda pro určování složení gama zářičů. Pomocí této metody se nám podařilo naměřit spektra několika prvků (^{60}Co, ^{133}Ba, ^{137}Cs, ^{241}Am) a zjistit spektrum neznámého vzorku. Výpočty kalibrace jsou nedílnou a důležitou součástí měření a musíme jim věnovat stejnou pozornost.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizátorům z FJFI ČVUT za realizaci týdne vědy, díky kterému jsme si mohli vyzkoušet laboratorní práci na tomto projektu. Dále také našemu supervizorovi Bc. Martinovi Schaferovi za pomoc a poskytnuté informace ohledně projektu.

Reference:

[1] Úloha fyzikálního praktika – Měření spektra gama záření
[2] http://www.radiochemistry.org/periodictable/gamma_spectra/
[3] http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/14/143.html

Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu

Eliška Kosová, Tomáš Jirman, Dominik Nedvídek
Gymnázium Čakovice -Praha, Gymnázium nad Alejí - Praha,
Gymnázium Hodonín - Hodonín

eliska.kosova.gymcak@seznam.cz, jirman-tomas@centrum.cz,
dominiknedvidek@email.cz

Abstrakt:

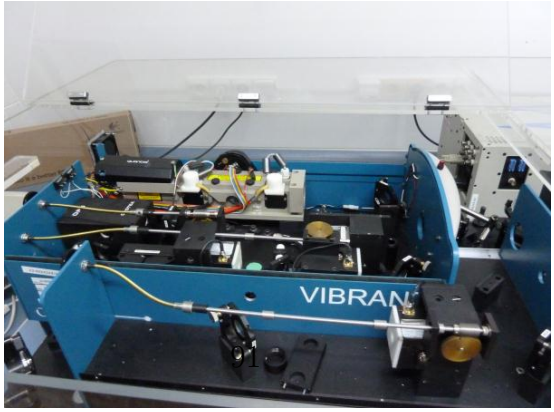
Ionty látek jsou excitovány pomocí laserových paprsků do vyších energetických stavů, při návratu do stavu základního vydávají fluorescenční světlo, které je detekováno. Pomocí fluorescenčních dat normalizovaných na intenzitu prošlého světla z můžeme určit obsah vzorku. Tato metoda je nedestruktivní a vhodná pro tekuté vzorky.

Úvod

Naší prací jsme se pokusili dokázat přítomnost uranových iontů a poté Europiových ve vodných roztocích. K práci jsme využili laserovou aparaturu a následně jsme analyzovali data z počítače.

Princip

Na obrázku vidíte Ng:YAG laser, který jsme využívali pro naše měření. Pracuje na principu čoček, vedoucích laserový puls paprsek a nelineárních krystalů, upravujících vlnovou délku. Kvůli citlivosti měřící aparatury a přesnosti měření je přístroj umístěn na vzduchových tlumičích a vyžaduje stálé podmínky (teplota, vlhkost)



Část světla z laseru, svítícího na vzorek je pohlcena a využita k excitaci. Zbytek prochází do detektoru prošlého světla. Po deexcitaci vysílá látka fluorescenční světlo. Toto světlo prochází přes soustavu zrcadel a dopadá na vhodnou optickou mřížku (, 150, 300, 600 anebo 1200 vrypů), kde je rozděleno na jednotlivé vlnové délky. Ty jsou následně detekovány kamerou.
Optická mřížka je nastavitelná z ovládacího softwaru, stejně tak, jako centrum snímané vlnové délky.
Před čipem ICCD kamery se nachází volitelný zesilovač signálu, pracující na principu fotonásobiče. Kamera musí mít nastavení vzhledem k instrumentálnímu zpoždění, dobu expozice a zpoždění snímání, pro měření klesající fluorescence kinetické série.

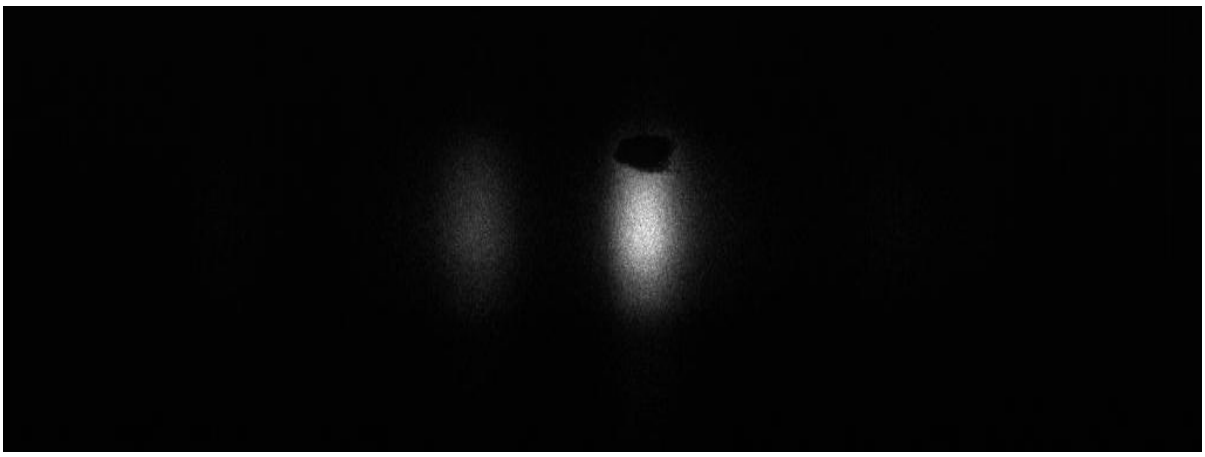
V první fázi jsme pracovali s koncentrovaným roztokem uranu. Koncentrace byla při dalších pokusech snižována a byly pozorovány změny v intensitě fluorescenčního záření. Při velké koncentraci látky v roztoku je fluorescence viditelná pouhým okem. Pro danou látku lze nastavit budicí vlnovou délku , s níž laser pracuje.

Výsledky

Před získání m výsledků je nutné nejdříve sejmout pozadí, přičemž je laser vypnutý. Toto pozadí je následně uloženo ovládacím programem (Andor iStar) a následně odečteno od konečného výsledku. Veškeré přístroje a probíhající procesy jsou ovládány a monitorovány počítačovou technikou.

Fluorescence zachycená kamerou ve snímacím modu image

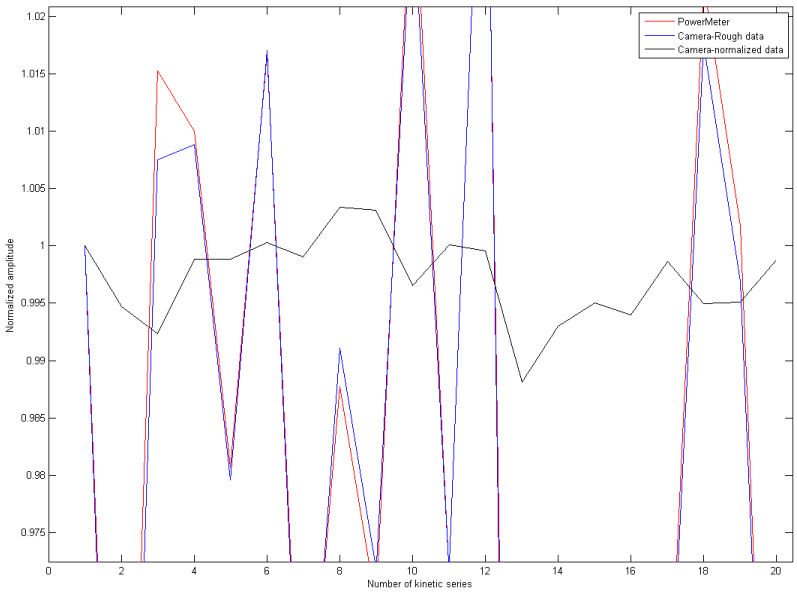
Obr.1



Fluorescenční světlo, dopadající na kameru je zároveň měřeno a následně zaznamenáno počítačem do grafu. Díky velkým výkyvům energií laseru musí být data

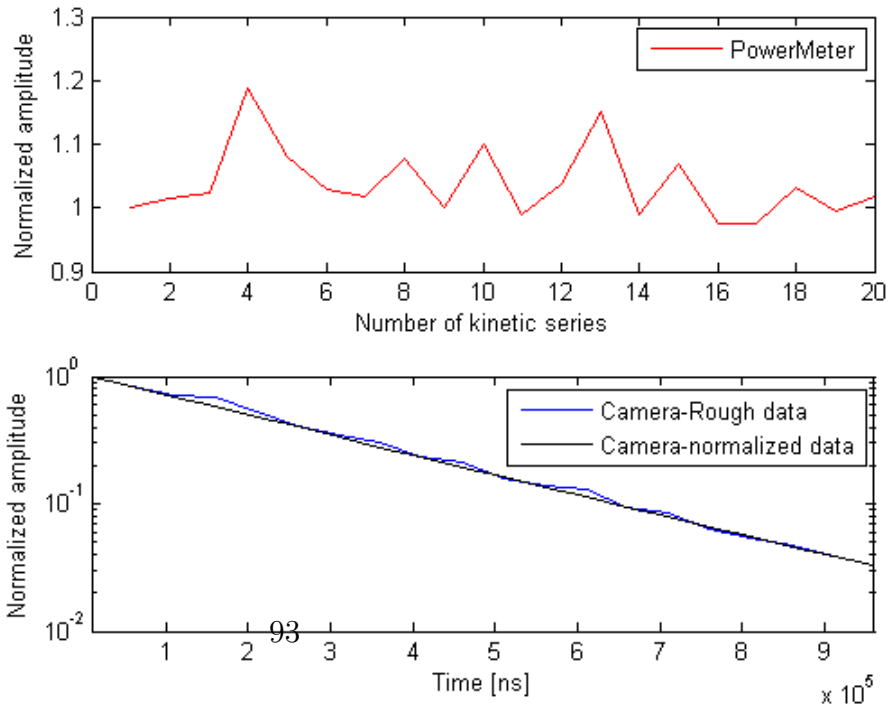
normalizována vzhledem k energii naměřeného světla, které vzorkem prošlo. Tato data se nanormalizují. Po normalizaci vidíme reálnou hodnotu fluorescence, zaznamenanou v grafu (viz obr. 2)

Obr.2

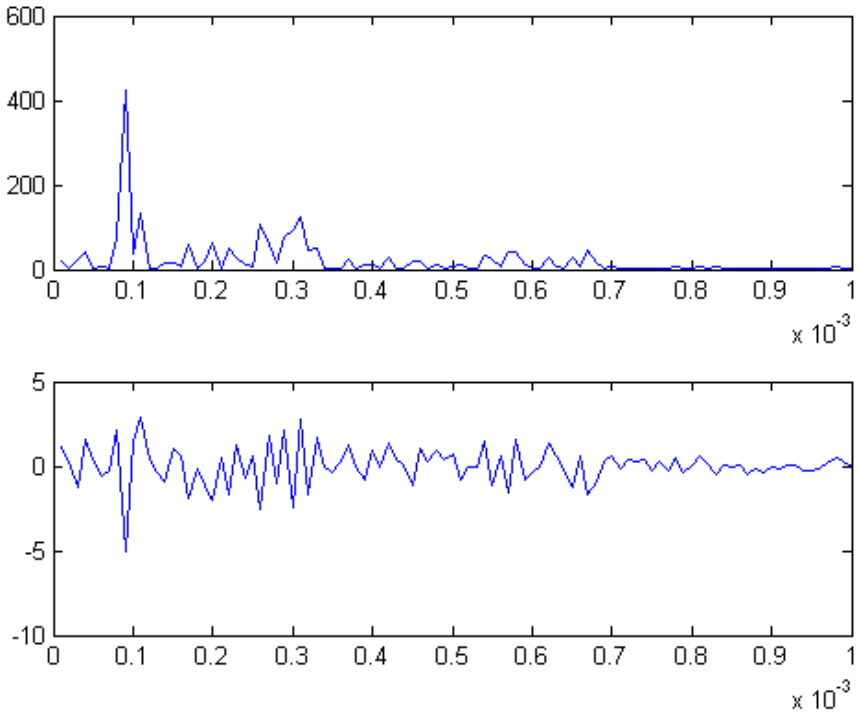


Poté jsme provedli další měření stejného vzorku, ale se změněným nastavením kamery. Ta tentokrát snímá fluorescenci s postupným časovým krokem (0,2µs) několikrát za sebou. Díky postupné deexcitaci se fluorescenční intenzita s postupem času ve snímaném úseku snižuje. Na základě sklonu křivky poklesu fluorescence fitováním, určíme dobu života fluorescence (cca 10µs). Na základě této křivky kinetické série můžeme ve fitovacím programu zvolit počet klesajících exponenciál, tak, aby co nejlépe popsaly pokles fluorescenční intensity (viz obr 4). Každá funkce zde popisuje fluorescenci jedné složky. Tato funkce určí dobu života fluorescence dané složky vzorku.

Obr. 3



Obr. 4



Popis obrázků

Obr.1 : Zachycení fluorescence kamerou iontů Eu

Obr.2 : Ukázka normalizace dat fluorescence Eu a prošlého světla, které výrazně eliminuje rozptyl dat

Obr 3 : Příklad normalizace kinetické série s klesající fluorescencí

Obr 4 : Nahoře – Druhá mocnina amplitudy rozdílu naměřeného a modelového signálu

Dole –Rozdíl naměřených dat a počítačového modelu

Shrnutí

Analýzou naměřených dat jsme určili, pomocí několika funkcí, složení vzorku, včetně chemické formy.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizačnímu výboru Týdne vědy a FJFI ČVUT za poskytnuté prostory a materiál. Velký dík patří hlavně našemu vedoucímu projektu Mgr. Aleši Vetešníkovi Ph.D.

Reference:

[1] LAKOWICZ, R. JOSEPH *Principles of Fluorescence Spectroscopy* Springer 2006

[2] VETEŠNÍK ALEŠ MGR. PH.D. *TRLFS* Prezentace FJFI 2008

Základní experimenty s lasery

Ondřej Pleticha, Gymnázium Česká Lípa, o.pleticha@seznam.cz
Ladislav Hustý, Gymnázium Frýdlant nad Ostravicí, lada.husty@gmail.com
Danica Žílková, Bilingválne gym. Milana Hodžu, danuska.zilkova@gmail.com

Abstrakt:
V tomto projektu jsme ověřovali vlnové vlastnosti světla na pokusech pomocí laseru. Konkrétně na následujících experimentech : Michelsonův interferometr, Difrakce na štěrbině, Difrakce na mřížce.

1 Úvod

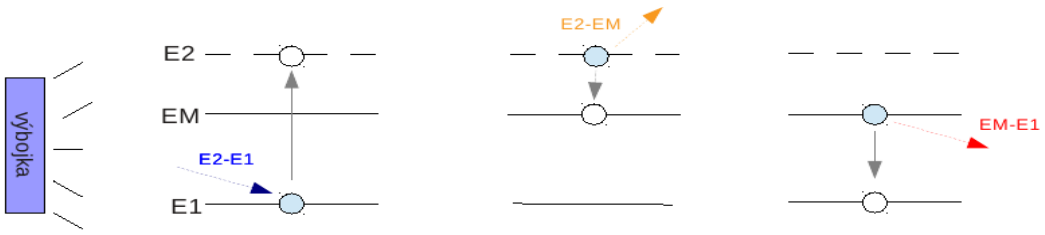
Světlo má duální charakter a dá se na něj hledět jako na částici, ale i také jako na vlnu.V následujících pokusech jsme se snažili dokázat vlnový chatakter světla.Na Michelsonově experimentu a na difrakcích na stěrbině a mřížce jsme ověrovali, zda platí vzorec pro výpočet úhlu mezi jednotlivými interferenčními minimy/maximy.

Teorie laseru: Laser je zdroj elektromagnetického záření tj. světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého a intenzivního monochromatického svazku.

2 Difrakce a interference světla

Pomůcky :
He-Ar laser 633 nm, 2 zrcadla, 1 dělič svazku (Abbeho kostka),laboratorní zvedák, optická lavice s jezdci, 2 spojné čočky (+50, +200), rozptylka (-50), sada kruhových otvorů, šterbina s nastavitelnou šířkou, držák na mřížku, opt. mřížka

Princip laseru :



- Pumpováné energie: elektron je vybuzen (excitován) ze základního stavu E1 na vyšší hladinu E2
- velmi rychle deexcituje na nižší metastabilní hladinu EM
- Metastabilní hladina: přechod z EM na E1 je velice nepravděpodobný a elektron zde setrvá mnohem déle
- Inverze populace: většina atomů přejde časem do vybuzeného stavu s elektronem na hladině

EM

- Stimulovaná emise: elektron do kterého narazí foton s E = EM – E1 deexcituje na zákl. hladinu a vyzáří druhý foton s E = EM – E1 ve stejném směru, fázi, polarizaci jako první foton

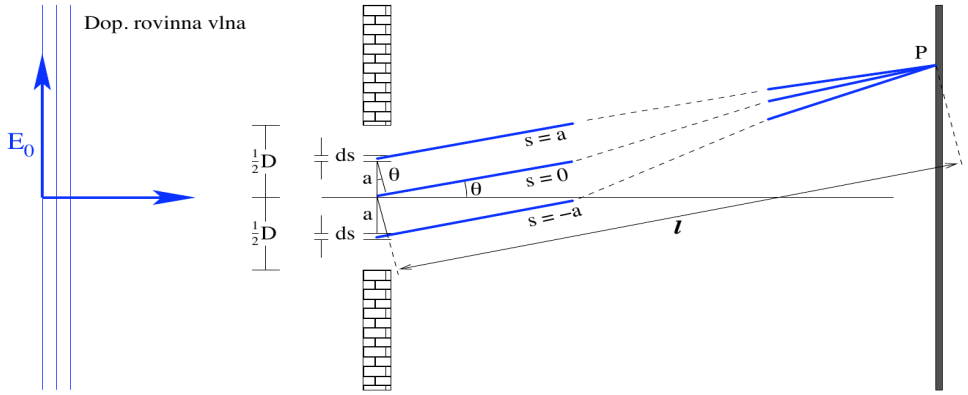
Difrakce na štěrbině

Naším cílem bylo vypočítat šířku štěrbiny, dle vzorce

$$\sin\theta = m\lambda / D \qquad (1)$$

θ = úhel, pod kterým je vidět dané minimum
m = řád minima
λ = vlnová délkab
D = šířka štěrbiny

Pokus jsme sestrojili dle následujícího obrázku:



Obr. 1 : difrakce světla na štěrbině

Provedli jsme 3 měření pro různé šířky štěrbin :

m	x1 [mm]	x2 [mm]
1	32,1	37,2
2	24,5	41
3	22,3	43

m	x1 [mm]	x2 [mm]
1	27,5	37,3
2	21,5	43
3	16	48,3

m	x1 [mm]	x2 [mm]
1	23	40
2	14	49

Tab. : Naměřené polohy tmavých interferncních proužků pro první 3 řády.

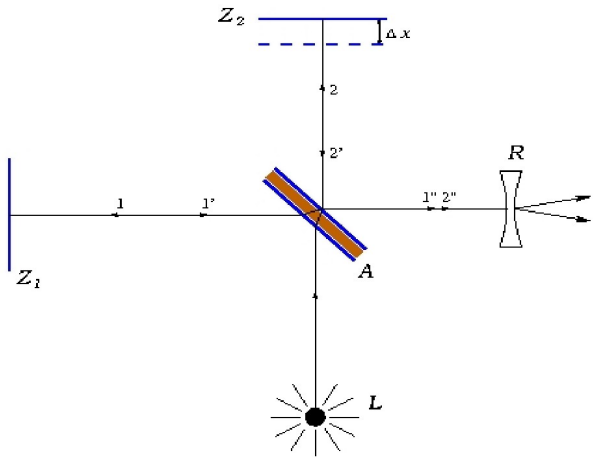
Z naměřených údajů jsme podle vzorce 1 vypočetli šířku štěrbiny :
D_1=(0,8+-0,2)mm. (“skutečná” hodnota 1mm)
D_2=(0,47+-0,03)mm.(“skutečná” hodnota 0,5mm)
D_3=(0,286+-0,008)mm. (“skutečná” hodnota 0,3 mm)

Pozn. “skutečná” hodnota je hodnota naměřená indikátorovými hodinkami

Michelsonův interferometr

Při tomto experimentu jsme vycházeli ze známeho Michelsonova pokusu, při kterém jsme se snažili změřit vlnovou délku světelného paprsku.

Experiment jsme sestorojili dle následujícího obrázku :



Obr. 2: Michelsonův experiment [2].

Na základě toho jsme provedli následující měření :

pruhů	dílků	poměr dílků a pruhů	λ
20	21	1,05	420
10	13	1,3	520
10	11	1,1	440
15	27	1,8	720
15	24	1,6	640
průměrná λ			548

Tab. 2: měření vlnové délky pomocí Michelsonova interferometru

dílek – posunutí dráhy paprsku o 400 nm

pruh – interferenční minimum

Vypočetli jsme vlnovou délku použitého světla λ = (550+-180)nm. Výrobcem udávaná hodnota byla 633 nm. Skutečná hodnota tedy leží v chybovém intervalu našeho měření, který je ale velmi široký a značí, že naše měření nebylo zcela přesné.

Diskuse

Ve výše uvedených experimentech jsme v rámci chyb měření ověřili platnost vzorců, popisujících difrakci světla na štěrbině a pomocí Michaelsonova interferometru určili vlnovou délku světla námi použitého laseru.

3 Shrnutí

Na základě těchto dvou pokusů se nám podařilo dokázat vlnové vlastnosti světla, kdy v prvním experimentu jsme změřili tloušťku štěrbiny s relativní a systematickou chybou. Po vypočtení jsme výsledek porovnali s vypočtenou hodnotou. Ve druhém pokusu jsme počítali vlnovou délku světla, po vypočtení jsme výsledky opět porovnali se skutečnou hodnotou a zjistili poměrně velkou chybu měření, nicméně můžeme konstatovat, že naše výsledky jsou konzistentní s teoretickými předpoklady.

Poděkování

Jan Rusňák – za předání mnoha užitečných a zajímavých znalostí

Reference:

[1] *Laser*, http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser, (18.6.2013)

[2] *Interference a ohyb světla*, Fyzikální praktikum FJFI – návod k úloze

Podivnosti na LHC

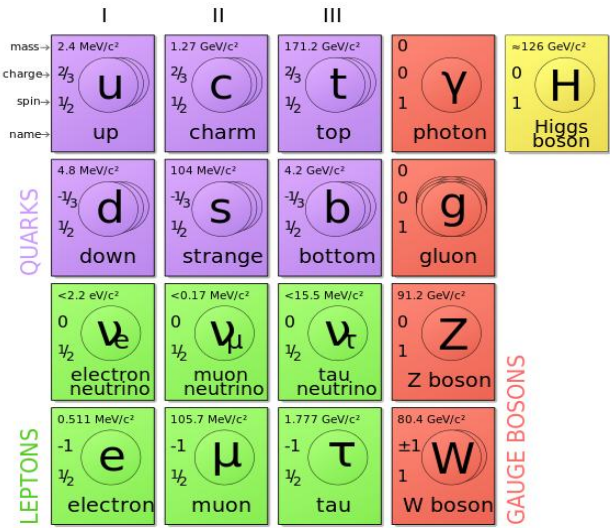
O. Havelka[1], J. Jerhot[2], P. Smísitel[3], L. Vozdecký[4]
[1]Gymnýzium Trutnov, ondra10ax@centrum.cz
[2]SPŠ Strojní a elektrotechnická, České Budějovice, jerrydog@seznam.cz
[3]Gymnázium Vyškov, vozdeckyl@gmail.com
[4]Gymnázium a OA Bučovice, smisa.p@seznam.cz

Abstrakt

Naším cílem byla identifikace částic z analýzy produktů jejího rozpadu při srážkách na urychlovači částic LHC v CERNu na projektu ALICE. Analýzu jsme prováděli na programu ALICE MasterClasses. Na naší práci navázala druhá skupina s modifikací spekter částic.

1 Úvod

Standardní model částicové fyziky [1] je teorie popisující elementární částice. Tyto částice dělíme do dvou základních skupin, na fermiony (kvarky a leptony), částice s poločíslným spinem, které tvoří viditelnou hmotu, a bosony, částice s celočíselným spinem, které zprostředkovávají interakce mezi kvarky a leptony, tedy elektromagnetickou, slabou a silnou interakci.



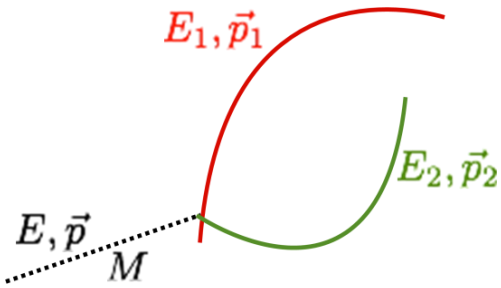
Obrázek 1: standardní model

Vazbou kvarku a anti-kvarku vznikají mezony (součtem poločíselných spinů vzniká spin celočíselný a součtem třetinových nábojů vzniká náboj taktéž celočíselný), naopak spojením 3 kvarků vzniká baryon (s poločíselným spinem a celočíselným nábojem).

2 Kinematika rozpadů částic

Při srážkách částic o vysokých energiích vzniká množství nestabilních běžně se nevyskytujících částic, které se postupně rozpadají zpět na stabilnější běžně se vyskytující částice.

Tyto nestabilní částice rychle zanikají a často jsou neměřitelné. Jejich vlastnosti tedy určujeme z vlastností jejich produktů (tj. energie a hybnosti).



Obrázek 2: rozpad nedetekovatelné částice

Vlastnosti následně rozpadlých částic lze snadno zjistit součtem vlastností produktů. Rovnice vychází z obecné teorie relativity.

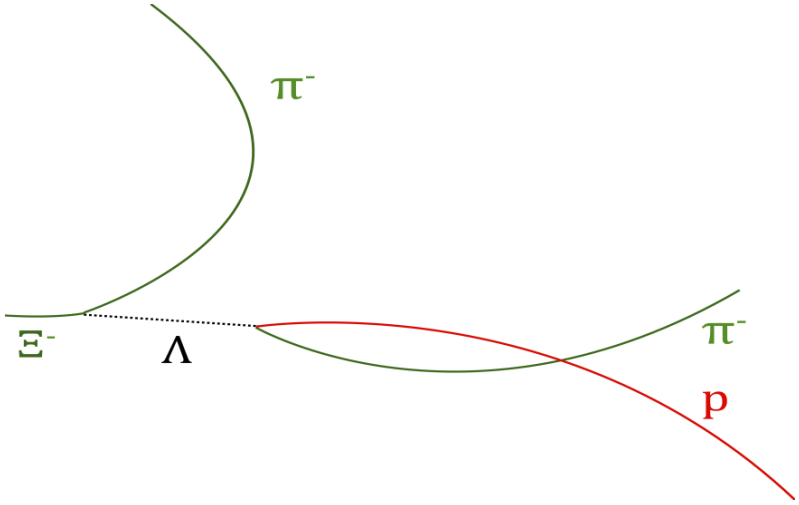
$$E^2 = m^2c^4 + \vec{p}^2c^2 \qquad m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2}$$

$$E = E_1 + E_2 \qquad \vec{p} = \overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2}$$

$$M^2 = \frac{(E_1 + E_2)^2}{c^4} - \frac{|\overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2}|^2}{c^2} \quad (1)$$

$$- \textit{invariatní hmotnost původní nedetekovatelné částice}$$

Jako příklad můžeme uvést kaskádový rozpad Ξ^- [Xi- baryonu] na samotářský π^-a Λ mezon, který se posléze rozpadne na druhý π^- mezon a proton p^+



Obrázek 3: kaskádový rozpad

Neutrální částice není možné v detektoru ALICE sledovat přímo, protože nezanechávají ionizační stopu v ITS detektorech. Abychom prokázali, že v detektoru vznikají neutrální kaony a lambda baryony, musíme pátrat po produktech rozpadu těchto částic.

Zaměřme se nejdříve na K^0 mezon. Protože musí platit zákon o zachování náboje, rozpadá se na kladný a záporný pion. Nejdříve se musí najít piony se společným vertexem (místem, kde mohlo dojít k rozpadu původní částice) a poté dosazením kladného a záporného pionu do rovnice (1) dostaneme invariantní (klidovou) hmotnost původní částice, z čehož určíme o jakou částici se jednalo.

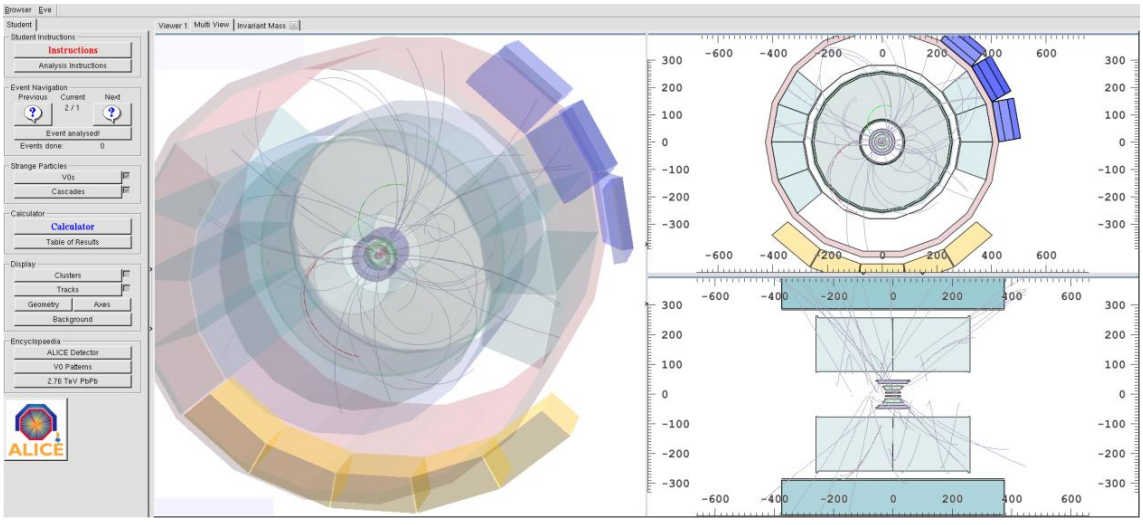
Může se taktéž stát, že výsledek neodpovídá žádné známé částici, potom tyto 2 piony nejsou párové, společný vertex je pouze zdánlivý, a jedná se o pozadí.

U Λ baryonů je postup stejný, jen se rozpadají na proton a záporný pion; anti-lambda baryony se rozpadají na anti-proton a kladný pion.

3 Popis experimentu

Naše práce spočívala v analýze dat získaných v experimentu ALICE na urychlovači částic v CERNu při srážkách p-p nebo Pb-Pb. Těchto srážek se pro analýzu provádějí miliony, my však kvůli časové tísni zpracovali nanejvýše stovky protonových srážek.

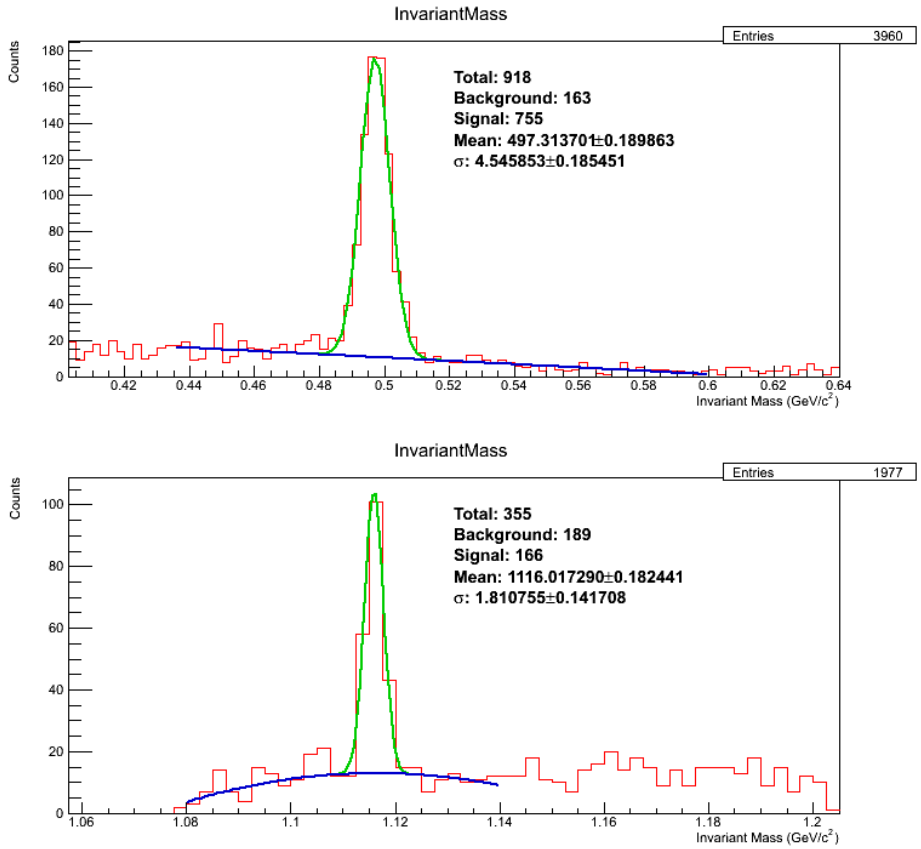
Analýzu jsme prováděli v programu ALICE MasterClasses.



Obrázek 4: ALICE MasterClasses

Analýza spočívala ve vyhledání vertexu a dvou částic, které z něj vylétají. Detektory zachytily jejich energii a hybnost. Na základě těchto údajů jsme určili, ze které částice pocházejí, nebo jestli jsou chybným pozadím.

Abychom potvrdili přesnost a mohli s jistotou říct, že se v detektoru po srážce tyto částice vyskytovaly, je nutno provést co nejvíce těchto analýz. Výsledné hodnoty se zapíší do tabulky a následně se udělá graf závislosti počtu výskytů částice na dané klidové hmotnosti částice.



Obrázek 5: peaky

Pokud je analýza správná, ve spektru invariatní (klidové) hmotnosti můžeme pozorovat kombinatorické pozadí, vzniklé chybami a jinými nežádoucím částicemi, a výrazný peak v oblasti klidové hmotnosti detekované neutrální částice.

Tento graf jsme následně nafitovali, čímž se vytvořila teoretická Gaussova křivka opisující peak a druhá opisující pozadí. Z poměru částic v peaku (tzv. signálu) a celkového počtu částic (součtu částic v pozadí pod signálem a v signálu) se určí signifikance, stanovující spolehlivost daného měření.

$$\sigma = \frac{N_{sig}}{\sqrt{(N_{sig} + N_{bkg})}} \qquad - signifikance$$

5 Závěr

Z analýzy jsme zjistili, že se při rozpadu vyskytuje velké množství částic o klidové hmotnosti cca 1,115 GeV a 0,497 GeV. Což souhlasí s hodnotami stanovenými PDG (mezinárodním sdružením částicových fyziků). Klidovou hmotnost 1,115 GeV mají baryony Λ a $\overline{\Lambda}$ a klidové hmotnosti 0,497 GeV odpovídá K^0 mezon.

Na naší práci navázala skupina s modifikaci spekter částic média, kde se zabývají přítomností podivných částic, dokazující existenci kvark-gluonového plazmatu.

Poděkování

Na prvním místě bychom chtěli poděkovat našem supervizorům Ing. *Olze Hájkové* a Ing. *Jaroslavu Adamovi* za trpělivost a nadšení, se kterým se nám věnovali.

Dále chceme poděkovat Ing. *Vojtěchu Svobodovi*, CSc., organizátorskému týmu a vedení FJFI za vytvoření této skvělé a zároveň poučné akce.

Reference

[1] A Large Ion Collider Experiment
http://home.web.cern.ch/about/experiments/alice

[2] Fyzika na ALICE
http://aliceinfo.cern.ch/public/MasterCL/alice-exercise-nov11_czech.htm

[3] Standard model
http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model

[4] Prezentace supervisorů

Optimální mince v českém platebním systému

David Jančar*, Jakub Svoboda, Aneta Šťastná, Oskar Turek*
Gymnázia: Karlínské*, Česká a Olympijských nadějí, Omská
davca105seznam.cz, ZZ19ZZ@seznam.cz,
aneta.stastna@email.cz, OTurek@seznam.cz

Abstrakt

Zamýšleli jste se už někdy nad tím, v čem je výhoda našich mincí? Je vůbec nějaká? Je pravda, že zaplatíme libovolnou částku malým počtem mincí? Dostaneme pomocí hladového algoritmu minimální počet mincí? Nehodilo by se přidat nějakou novou hodnotu mince? Na výše zmíněné otázky jsme odpověděli během tohoto miniprojektu.

1 Platba pomocí mincí

Cílem je platit co nejefektivněji. Efektivita placení pak může mít různé podoby, jak ukážeme v následujícím textu, pro který jsme čerpali inspiraci z článku [1]. Můžeme chtít používat co nejméně mincí, platit pomocí hladového algoritmu, platit pomocí mincí rovnoměrně, mít co nejlehčí peněženku apod. Jistě čtenáře při čtení příspěvku napadnou i další otázky spojené s placením. Budeme rádi, když nám takové otázky sdělí.

2 Rozměňování

Nejprve se budeme zabývat úlohou, kdy je z mincí potřeba skládat částky od 1 do hodnoty nejmenší bankovky, tedy pro český systém mincí od 1 do 100. Začneme zavedením a vysvětlením pojmu reprezentace částky.

Jsou dány hodnoty mincí $e_1, e_2, \ldots, e_D$ (uspořádané vzestupně), přičemž $e_1 = 1$ (aby šlo zaplatit každou částku). Máme-li částky n v hodnotách od 1 do N, kde N je hodnota nejmenší bankovky, pak každou D-tici $(a_1, a_2, \ldots, a_D)$, kde $a_i \in \mathbb{N} \cup \{0\}$, takovou, že

$$n = a_1 e_1 + a_2 e_2 + \cdots + a_D e_D,$$

nazveme *reprezentací částky* n. Počet použitých mincí v reprezentaci značíme $\mathrm{cost}(a_1, a_2 \ldots, a_D)$, tedy

$$\mathrm{cost}(a_1, a_2 \ldots, a_D) = a_1 + a_2 + \cdots + a_D.$$

Příklad 1. *Uvažujme české mince* $1, 2, 5, 10, 20$ *a* $50Kč$*, pak reprezentace částky* 15 *je např.* $(15, 0, 0, 0, 0, 0)$*, protože*

$$15 = 15 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 10 + 0 \cdot 20 + 0 \cdot 50.$$

Jiná reprezentace je $(0, 0, 1, 1, 0, 0)$*, protože*

$$15 = 0 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 1 \cdot 10 + 0 \cdot 20 + 0 \cdot 50.$$

Platí $\mathrm{cost}(15, 0, 0, 0, 0, 0) = 15$ *a* $\mathrm{cost}(0, 0, 1, 1, 0, 0) = 2$*.*

2.1 Použití minimálního počtu mincí

Má-li prodavačka vrátit 25Kč, pak je lepší dostat 20Kč a 5Kč než 25krát korunu.

Definujeme optimální reprezentaci částky n následovně. Pokud je součet $a_1+a_2\cdots+a_D$ v reprezentaci n minimální mezi všemi možnostmi, tedy podle zavedeného značení je minimalní $\text{cost}(a_1, a_2 \ldots, a_D)$, pak nazveme $(a_1, a_2 \ldots, a_D)$ *optimální reprezentací částky* n a značíme $\text{opt}(n, e_1, e_2, \ldots, e_D)$.

Příklad 2. *Optimální reprezentací částky* $25Kč$ *je* $\text{opt}(25; 1, 2, 5, 10, 20, 50) = (0, 0, 1, 0, 1, 0)$, *protože*

$$25 = 0 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 0 \cdot 10 + 1 \cdot 20 + 0 \cdot 50$$

a počet použitých mincí je $\text{cost}(\text{opt}(25; 1, 2, 5, 10, 20, 50)) = 2$, *tedy je evidentně nejnižší možný.*

2.2 Optimální systém mincí

Cílem je najít hodnoty mincí $e_1, e_2, \ldots, e_D$ pro dané D tak, aby průměrný počet použitých mincí v optimální reprezentaci byl minimální, tj. uvažujeme-li částky od 1 do N, pak chceme minimalitu

$$\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\text{cost}(\text{opt}(n, e_1, e_2, \ldots, e_D)).$$

Příklad 3. *Pro koruny* $1, 2, 5, 10, 20, 50Kč$ *je průměrný počet použitých mincí v optimální reprezentaci částek od* 1 *do* 100 *roven* $3, 42$. *Se systémy mincí*

$$1, 4, 6, 21, 30, 37 \quad a \quad 1, 5, 8, 20, 31, 33$$

by to bylo $2, 92$, *což je minimum pro* $D = 6$. *V praxi ovšem takové systémy mincí používat nelze, protože lidé neumí rychle zpaměti počítat s čísly jako je* 21 *a* 37.

2.3 Jakou minci přidat pro přiblížení optimalitě

Jakou jednu minci přidat, aby se co nejvíce snížil průměrný počet použitých mincí v optimální reprezentaci? Tedy máme-li mince $e_1, e_2, \ldots, e_D$, jakou máme přidat minci e_{D+1}, aby byl minimální součet

$$\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\text{cost}(\text{opt}(n, e_1, \ldots, e_D, e_{D+1}).$$

Příklad 4. *Pro koruny je nevýhodnější přidat* 33 *nebo* 37, *pak v systému* $1, 2, 5, 10, 20, 50, 33Kč$ *nebo* $1, 2, 5, 10, 20, 50, 37Kč$ *je průměrný počet použitých mincí v optimálních reprezentacích částek od* 1 *do* 100 *roven* $2, 88$.

2.4 Optimalita a hladový algoritmus

Dále jsme zkoumali vztah mezi optimalitou a hladovým algoritmem v českém systému mincí. Vracení mincí v hodnotě n pomocí *hladového algoritmu* je založeno na použití maximálního možného počtu mincí s hodnotou e_D, který si označíme jako a_D. Nyní hledáme

nejvyšší hodnotu mince e_i, kde $i < D$, která je menší než $n - a_D e_D$ a celý postup opakujeme, dokud je $n - a_D e_D - a_i e_i - ...$ větší než nula.
Hladová reprezentace částky n je pak $(a_1, a_2, \ldots, a_D)$, označme ji jako hlad$(n, e_1, e_2, \ldots, e_D)$. Hladová reprezentace částky 37 v českém systému mincí je hlad$(37; 1, 2, 5, 10, 20, 50) = (0, 1, 1, 1, 1, 0)$.

Příklad 5. *Pro české koruny* $1, 2, 5, 10, 20, 50 Kč$ *je hladová i optimální reprezentace libovolné částky od* 1 *do* 100 *stejná. Ovšem například pro systém mincí* $1, 7, 10$ *tomu tak není. Zatímco optimální reprezentace čísla* 15 *je* $(1, 2, 0)$*, hladová reprezentace téhož čísla je* $(5, 0, 1)$*, používá tedy větší počet mincí.*

2.5 Optimální systém mincí pro hladový algoritmus

Cílem tohoto systému je najít hodnoty mincí $e_1, e_2, \ldots, e_D$ pro dané D tak, aby byl průměrný počet použitých mincí v hladové reprezentaci minimální.

Příklad 6. *Pro české koruny* $1, 2, 5, 10, 20, 50$ *je průměrný počet mincí pro hladovou reprezentaci částek od* 1 *do* 100 *roven* $3, 42$*. Optimální systémy pro* $D = 6$ *jsou*

$$1, 2, 5, 11, 25, 62,$$
$$1, 2, 5, 11, 25, 63,$$
$$1, 2, 5, 13, 29, 64,$$
$$1, 2, 5, 13, 29, 65.$$

Průměrný cost *se pak sníží na* $3, 13$.

2.6 Zvýšení optimality hladového algoritmu přidáním další mince

Jakou minci můžeme do systému přidat, aby se placení hladovým algoritmem nejvíce přiblížilo optimalitě? Máme-li mince $e_1, e_2, \ldots, e_D$, hledáme takovou minci e_{D+1}, aby byl minimální součet

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} \text{cost}(\text{hlad}(n, e_1, e_2, \ldots, e_D))$$

Příklad 7. *V českém mincovním systému se přidáním libovolné mince v hodnotě* $3 - 9$ *zmenší průměrný počet použitých mincí v hladovém algoritmu z* $3, 42$ *na* $3, 22$*, což je více než pro libovolné jiné hodnoty přidané mince.*

2.7 Omezení počtu mincí od každé hodnoty

Kromě efektivity posuzované podle počtu použitých mincí při transakci můžeme mít i jinou, kde musíme umět zaplatit všechny částky předem daným počtem mincí od každé hodnoty. Zjistili jsme, že u českých mincí nepřevyšuje počet potřebných mincí od každé hodnoty číslo 2. Existuje systém, kde by nám na zaplacení libovolné částky stačil pouze jeden kus od každé hodnoty? Jaký je minimální počet hodnot mincí v takovém systému, pokud se pohybujeme v částkách od 1 do 100? V jakém systému jsou všechny hodnoty mincí použitelné rovnoměrně?

3 Směna

Speciálním způsobem transakce je směna, kdy danou částku můžeme dát dohromady takovým způsobem, že zákazník platí a prodavač mu vrací. Reprezentace částky při směnné transakci je pak $(a_1, a_2, \ldots, a_D)$, kde oproti normální reprezentaci povolujeme i záporné hodnoty a_i, kde $i \in \{1, 2, \ldots, D\}$.

Příklad 8. *Díky možnosti směny se u českých mincí sníží průměrný počet použitých mincí z* $3,42$ *na* $3,08$.

4 Závěr

Z výše uvedených variant systémů mincí vyplývá, že najít fungující a v běžném životě vyhovující systém není vůbec jednoduché. Musíme brát ohledy na použití minimálního počtu mincí, celkový počet jednotlivých druhů, možnosti různých kombinací tak, aby nebylo nutné minci jednoho druhu používat mnohokrát, použitelnost hladového algoritmu. A v neposlední řadě také na jednoduchost počítání s mincemi.

S přihlédnutím k výše zmíněným měřítkům efektivity se zdá český systém obstojný a pro uživatele praktický.

Poděkování

Nakonec bychom chtěli poděkovat FJFI ČVUT za organizaci Týdne vědy a Ing. L'ubomíře Balkové, Ph.D., za vedení, inspiraci a pomoc s naším miniprojektem.

Reference

[1] M. Kleber, R. Vakil, and J. Shallit, *What this country needs is an* 18 *cent piece*, Mathematical Intelligencer **25(2)** (2003), 20–23

Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání

Ondřej Schejbal, Klaudia Nesládeková, Josef Koláčný, Vlastimil Zlámal
FJFI V Holešovičkách 2, Praha
Ondra.schejbal@centrum.cz, Klaudia.nesladekova@seznam.cz, 6bkolacek@seznam.cz, zlamal.vlastimil.junior@seznam.cz

Abstrakt

Povrchem zesílený Ramanův rozptyl (SERS) je účinná metoda kvalitativního určování látek na základě jejich vibračních spekter, která ještě není plně rozvinuta a na jejím zdokonalení se neustále pracuje. Do budoucna se počítá s jejím využitím pro mnoho zajímavých aplikací, např. včasná diagnostika závažných onemocnění.
Naším cílem bylo vytvořit ultracitlivý senzor, jehož funkci jsme měli ověřit pomocí metody SERS.

1. Úvod

Nanotechnologie je multioborová disciplína, která se v poslední době hodně rozvíjí a má široké uplatnění. Nanostruktury lze vytvořit pomocí dvou základních přístupů – top-down a bottom-up. V našem projektu jsme využili přístup bottom-up, konkrétně metodu samouspořádání. Jedná se o efektivní způsob vytvoření nanostruktur. Naším úkolem bylo sestrojit senzor, který funguje na principu zesíleného Ramanova rozptylu (surface-enhanced Raman scattering - SERS). Ramanův rozptyl lze definovat jako nepružný rozptyl záření na molekulách, při kterém dochází k přechodu mezi vibračně-rotačními stavy dané molekuly. Ramanova spektra molekul jsou charakteristická, a proto se dají molekuly dle této metody rozlišovat. Toho lze využít např. ve spektroskopii při rozeznávání složení různých látek. Nevýhodou Ramanova rozptylu je nízká intenzita rozptýleného záření. Signál je, ale možno zesílit využitím kovových nanostruktur, na kterých dochází k tzv. rezonanci lokalizovaných povrchových plazmonů. K tomuto jevu dochází, pokud jsou kovové nanostruktury ozářeny paprskem o frekvenci, která odpovídá rezonanční oscilaci elektronů v této nanostruktuře, a projevuje se výrazným zesílením elektromagnetického pole v blízkosti kovového povrchu. Pokud se v této oblasti vyskytuje adsorbsovaná molekula, zesílí se Ramanův signál této molekuly. V některých případech lze detekovat signál od jednotlivých molekul, což není možné dosáhnout žádnou další metodou. Právě díky kombinaci nízkých detekčních limitů a specificity Ramanových spekter se soudí, že SERS bude v budoucnu využíván v biomedicíně nebo k diagnostice.

2. Postup

Nejprve jsme si připravili pipety, jejichž konce jsme ohnuli nad kahanem do tvaru písmene J. Poté jsme si připravili disperzi polystyrenových kuliček (471 ± 13) nm a ethanolu (96%) v poměru 1:1. Následně jsme nanášeli pomocí připravené pipety disperzi na vodní hladinu. Přibližně po hodině nanášení se nám samouspořádáním vytvořila monovrstva

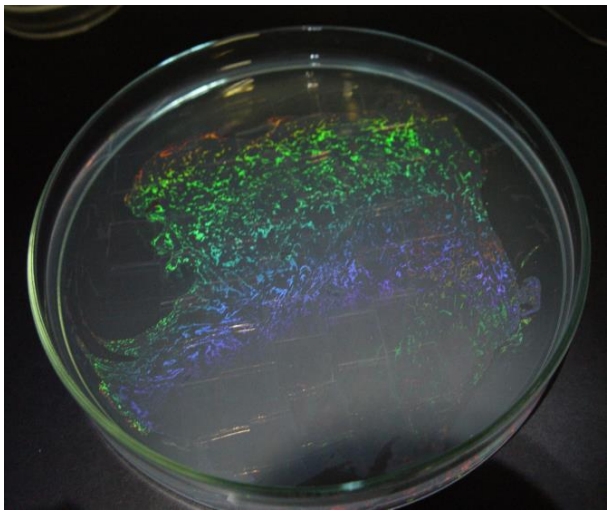
polystyrenových kuliček na hladině vody. Zde se držely kuličky díky povrchovému napětí kapaliny a uspořádávaly se do nejtěsnější hexagonální konfigurace. Vrstvu jsme ještě zkomprimovali pomocí mastného kovového drátku.

Monovrstvy jsme přenesli na laboratorní sklíčka (1x1 cm), která jsme si nařezali diamantovým řezákem. Připravili jsme si vodné roztoky nikotinu o koncentracích 10^{-4} M, 10^{-5} M a 10^{-6} M. S užitím magnetronové naprašovačky JEOL HR 208 jsme nanesli přibližně 20 nm vrstvu zlata na monovrstvu polystyrenových kuliček. Pozlacené vzorky jsme přes noc umístili do připravených roztoků nikotinu, aby se molekuly absorbovali na zlaté vrstvě.

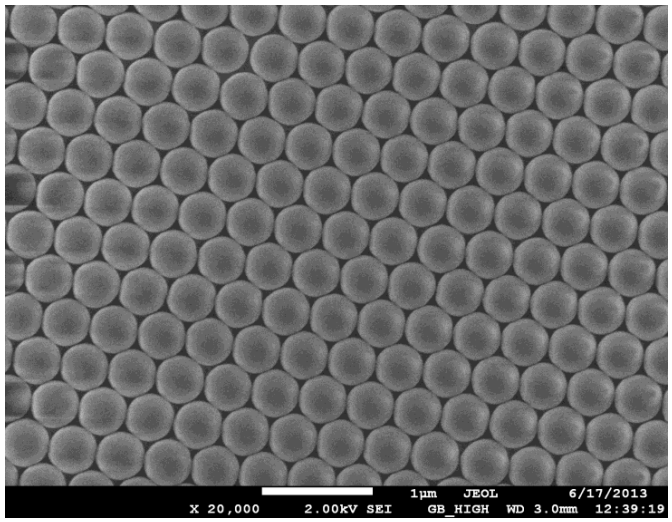
Po 18 hod. jsme vzorky vyjmuli z roztoku a omývali jsme je v destilované vodě po dobu 5 sekund a poté jsme je osušili proudem stlačeného vzduchu. Měřením SERS spekter nikotinu na zlatých vzorcích jsme ověřili funkčnost vytvořeného senzoru. Měření probíhalo na pracovišti Fyzikálního ústavu MFF UK pomocí Ramanova mikroskopu Lab Ram HR 800 od firmy HORIBA Jobin Yvon.

3. Výsledky a diskuse

Podařilo se nám připravit poměrně velké oblasti hexagonálně uspořádaných polystyrenových kuliček (viz obr. 1,2)



Obr. 1: monovrstva polystyrenových kuliček o průměru 471nm na vodní hladině



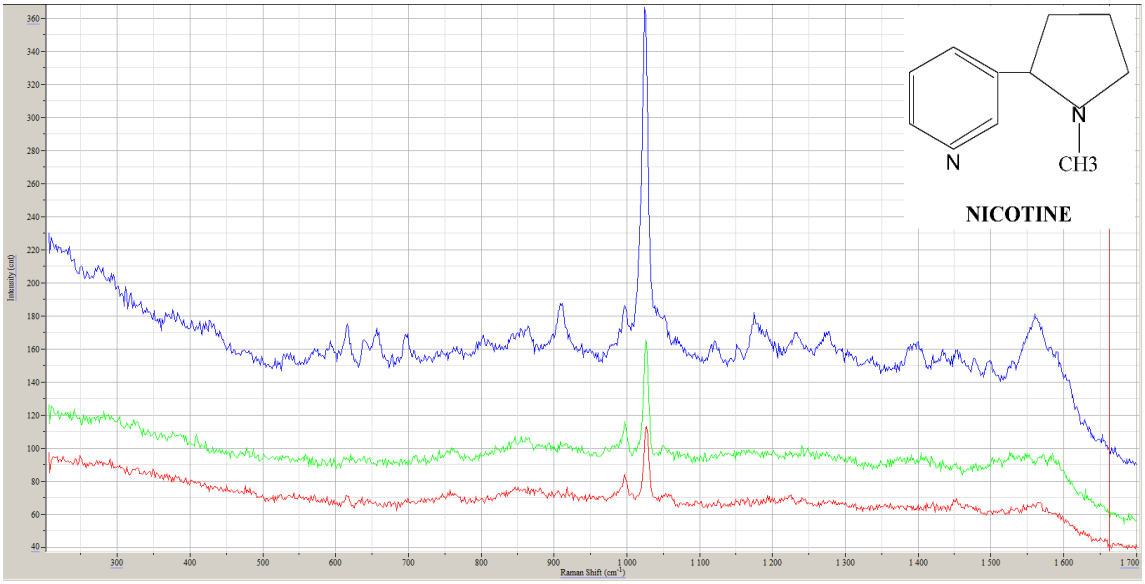
Obr. 2: monovrstva polystyrenových kuliček o průměru 471nm pod elektronovým mikroskopem

Na obrázku č. 3 je námi naměřené SERS spektrum nikotinu pro koncentrace vodných roztoků:

a) Modrá - 10^{-4} M
b) Zelená - 10^{-5} M
c) Červená - 10^{-6} M

Z obrázku je dobře vidět závislost naměřené intenzity na koncentraci roztoků nikotinu.

Ve spektrech je výrazný pás pro hodnotu Ramanova posuvu 1 025 cm^{-1}, což odpovídá hodnotě publikované v odborné literatuře zabývající se Ramanovými spektry nikotinu.



Obr. 3: Naměřená SERS spektra pro různé koncentrace roztoků nikotinu.

4. Závěr:

Pomocí metody samouspořádání polystyrenových kuliček na vodní hladině a jejich pozlacení jsme vytvořili funkční SERS senzor. Jeho kvalitu jsme prověřili měřením SERS spekter nikotinu pro různé koncentrace roztoků. Z naměřených spekter je dobře vidět závislost intenzity spekter na koncentraci nikotinových roztoků. I při nejnižší testované koncentraci tj. 10^{-6} M se nám podařilo získat charakteristické spektrum nikotinu.

5. Poděkování

Naše poděkování patří především naší supervizorce Ing. Lucii Štolcové (Katedra fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze), která nám tuto problematiku vysvětlila nenásilným a přátelským způsobem, dále pak panu Doc. Markovi Procházkovi a v neposlední řadě děkujeme FJFI ČVUT za možnost účastnit se této akce a za poskytnuté prostory, finance, materiál a techniku.

6. Reference:

[1] Ing. Štolcová Lucie, Analýza a realizace nanostruktur pro povrchem zesílený Ramanův rozptyl 2010/2011

Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce

Jan Hrach[1], Veronika Mašková[2]
[1] Gymnázium Přípotoční 1337, Praha 10, jenda@hrach.eu
[2] Gymnázium Havířov-Podlesí, příspěvková organizace, maskova.ver@email.cz

18. června 2013

Abstrakt

Zjištění struktury proteinu je důležité pro mnoho oborů lidské činnosti. Pro metodu rentgenové difrakce je potřeba protein izolovat a vypěstovat krystaly. Určili jsme podmínky pro pěstování krystalů lysozymu, naměřili difrakční data a rekonstruovali jeho strukturu

1 Úvod

U makrobiomolekul, jako jsou například proteiny nebo nukleové kyseliny, je velmi důležité poznat prostorovou strukturu. Pomůže nám to chápat princip jejich činnosti. Pravděpodobně nejpopulárnější metodou analýzy prostorové konformace je rentgenová difrakční analýza. Jiné metody, jako jsou elektronová mikroskopie nebo mikroskopie atomárních sil, buď nedávají dostatečně přesné výsledky (SEM, TEM), nebo se teprve rozvíjejí (AFM, STM).

Krystal se chová jako difrakční mřížka, na rozdíl od difrakčních mřížek běžně užívaných pro viditelné světlo jsou však elementy mřížky mnohem blíž u sebe, řádově 0,1 nm. Proto je potřeba použít záření s krátkou vlnovou délkou – tedy rentgenové záření.

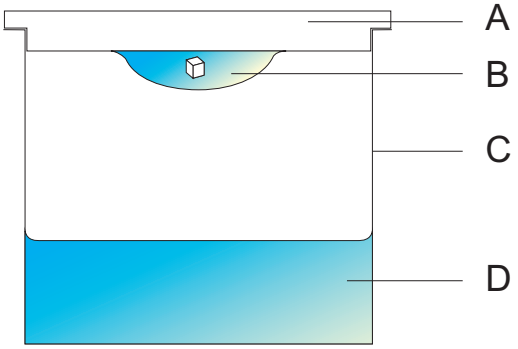
2 Metody

2.1 Krystalizace proteinu

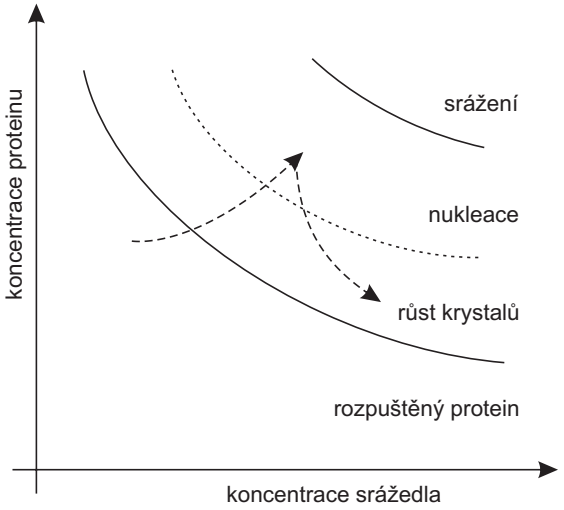
Základním požadavkem rentgenové krystalografie jsou krystaly zkoumané látky. Pro krystalizaci proteinů se používají difuzní metody, například metoda visící kapky.

Kapička roztoku proteinu a matečného roztoku v poměru 1:1 o objemu celkově 1 μl se zavěsí na víčko nádoby, ve které je koncentrovaný matečný roztok (především pufru) [2]. Nyní dojde k difuzi a osmóze par vody z méně koncentrované kapičky do koncentrovaného rezervoáru, kapička se tak zahušťuje a protein začne krystalizovat (obr. 1).

Alternativně lze použít též metodu sedící kapky, která se liší prostorovým uspořádáním - kapka je na vyvýšenině nebo výstupku v nádobce.



Obrázek 1: Krystalizace metodou visící kapky. A - utěsněné víčko, B - krystalizační kapka, C - rezervoár, D - matečný roztok



Obrázek 2: Fázový diagram krystalizace proteinu. Sráželdo snižuje rozpustnost proteinu. Je jím například sůl nebo PEG.

2.2 Určení parametrů krystalizace neznámého proteinu

Aby proces krystalizace proběhl správně, musíme se dostat do fáze nukleace a potom se pohybovat v metastabilním stavu, kde dochází k růstu krystalů. Tato cesta je na obr. 2 naznačena šipkami. Pokud je koncentrace proteinu příliš vysoká, dojde ke vzniku nekrystalické sraženiny. Pokud je příliš nízká, protein nikdy pochopitelně nevykrystalizuje.

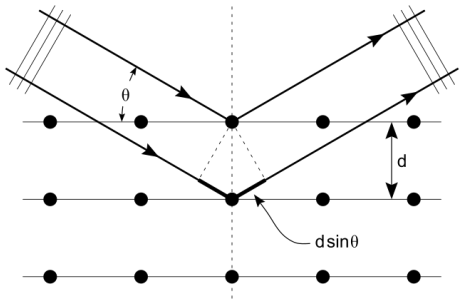
2.3 Ověření krystalu

Pro ověření původu krystalů, které mohou vzniknout nejen z proteinu, ale i ze soli a dalších složek roztoku, existuje několik testovacích metod. Proteiny narozdíl mohou být obarveny, neboť v krystalech proteinů existeje síť kanálků, do které mohou malé molekuly barviva proniknout a navázat se na protein. Krystaly proteinů jsou křehké, proto je možné vyzkoušet destruktivní test, a to test drcením například jehlou, nebo dehydratační test, kdy necháme krystalizační kapku vysychat, čímž se krystal vysuší a zkolabuje. Další metodou je použití polarizovaného světla. Proteiny narozdíl od většiny solí dokážou stáčet rovinu polarizovaného světla a jeví se tak jako barevné. Definitivním důkazem pak je rentgenová difrakce.

2.4 Zamrazení krystalu

Poté, co krystal vyroste (což může trvat pár minut i rok), je třeba jej z kapky vylovit pomocí smyčky a ihned potom zamrazit ponořením do tekutého dusíku, aby nedošlo k jeho rozpadu. Občas se při tom vytvoří na krystalu námraza, což dělá na difraktogramu kroužkové artefakty.

Krystal může nabývat rozměrů řádově desítky až stovky μm.



Obrázek 3: K odvození Braggovy podmínky

2.5 Rekonstrukce struktury, fázový problém

Krystal se skládá z atomů, které jsou uspořádány do rovin. Pokud na systém rovnoběžných rovin (hkl) s mezirovinovou vzdáleností d_{hkl} dopadne rentgenové záření, dojde k rozptylu. Pokud je fázový rozdíl mezi rozptýlenými paprsky celočíselným násobkem n vlnové délky λ, vlny se sečtou (konstruktivní interference). K tomu dochází ve směrech θ_{hkl}, ve kterých je splněna Braggova podmínka:

$$2d_{hkl} \sin \theta_{hkl} = n\lambda \tag{1}$$

Na detektoru vidíme interferenční obrazec, na kterém každé maximum odpovídá jednomu systému rovin se splněnou Braggovou podmínkou.

Vztah mezi rozložením hustoty elektronových obalů a výsledným difrakčním obrazcem popisuje Fourierova transformace

$$\rho(x, y, z) = \sum_{hkl} F_{hkl} \cdot e^{i(hx+ky+lz)}$$

tedy každá reflexe hkl popisuje každý bod $[x, y, z]$ v prostoru. Bohužel ale vidíme jen jeho minima a maxima a už nemáme informace o rozdílu fází $(hx+ky+lz)$. Pro experimentální určení fází lze použít následující metody:

Metoda molekulárního nahrazení (MR): známe sekvenci proteinu a můžeme zhruba tušit, jak vypadá, třeba na základě podobnosti jeho částí s částmi jiných proteinů, jejichž strukturu už známe

Metody anomálního rozptylu (MAD, SAD): na těžších atomech (např. aminokyseliny obsahující síru nebo bílkoviny obsahující kovy) dochází k anomálnímu rozptylu, z čehož lze určit jejich poloha a v důsledku struktura proteinu

Metody izomorfního nahrazení (MIR, SIR): měří se difrakce na krystalech proteinů, které byly máčeny v roztocích těžkých kovů a porovnává se s difrakcí na krystalech bez kovů

V tomto miniprojektu jsme použili metodu molekulárního nahrazení.

3 Experiment

Pěstovali jsme lysozym, což je enzym nacházející se ve vaječném bílku, bílých krvinkách, slzách a pod., který rozkládá bakteriální buněčné stěny. Pro nalezení optimální krystalizační podmínky jsme optimalizovali koncentraci proteinu a chloridu sodného jako srážecího činidla. Krystaly byly inkubovány jeden den při teplotě 291 K.

Krystaly byly vyloveny pomocí nylonových smyček (obr. 6) a vitrifikovány v kapalném dusíku. Difrakční data byla měřena na FZÚ Cukrovarnická na čtyřkruhovém difraktometru Gemini. Zdrojem záření byla rentgenka s měděnou anodou, záření bylo detekováno plošným CCD detektorem Atlas.

Naměřená difrakční data byla oindexována a zintegrována programem Mosflm, fázový problém byl vyřešen metodou molekulárního nahrazení v programu Molrep. Jako model byla použita struktura lysozymu (PDB ID 1Lyz, [1]).

4 Výsledky a diskuze

Vliv koncentrace proteinů a soli je patrný na obrázku 4. Chování roztoku reflektuje fázový diagram krystalizace. Je patrná oblast agragace (srážení), opblast krystalizace a oblast nenasycení.

Vybrané krystaly byly zmraženy v kapalném dusíku.

Celkově 8 proteinových krystalů bylo analyzováno pomocí rentgenového záření. Byl sbírán 1 snímek při expozici 600 s. Ve všech přípoadech byla pozorována silná proteinové difrakce. Ve dvou případech se jednalo o difrakci od dvou krystalů (obr. 8), ve dvou byly pozorovány ledové kruhy (obr. 7). Na vybraném krystalu byl měřen kompletní difrakční záznam, tedy 98 snímků v různých orientacích s expozicí 440 s.

Po zpracování dat jsme do map elektronové hustoty umístili odkaz na atomární model, viz obr. 10. V mapách elektronové hustoty bylo lokalizováno všech 129 aminokyselin a 134 molekul vody.

Molekula lysozymu se skládá ze 6 α-šroubovic, které jsou těsně uspořádány, a jednoho β-skládaného listu (obr. 9). Obsah rozpouštědla v krystalu je 38 %.

5 Shrnutí

Ověřili jsme fázový diagram, určili správné podmínky pro růst krystalů lysozymu a na vypěstovaných krystalech naměřili kompletní sadu difrakčních dat, ze kterých jsme potom vyřešili strukturu proteinu.

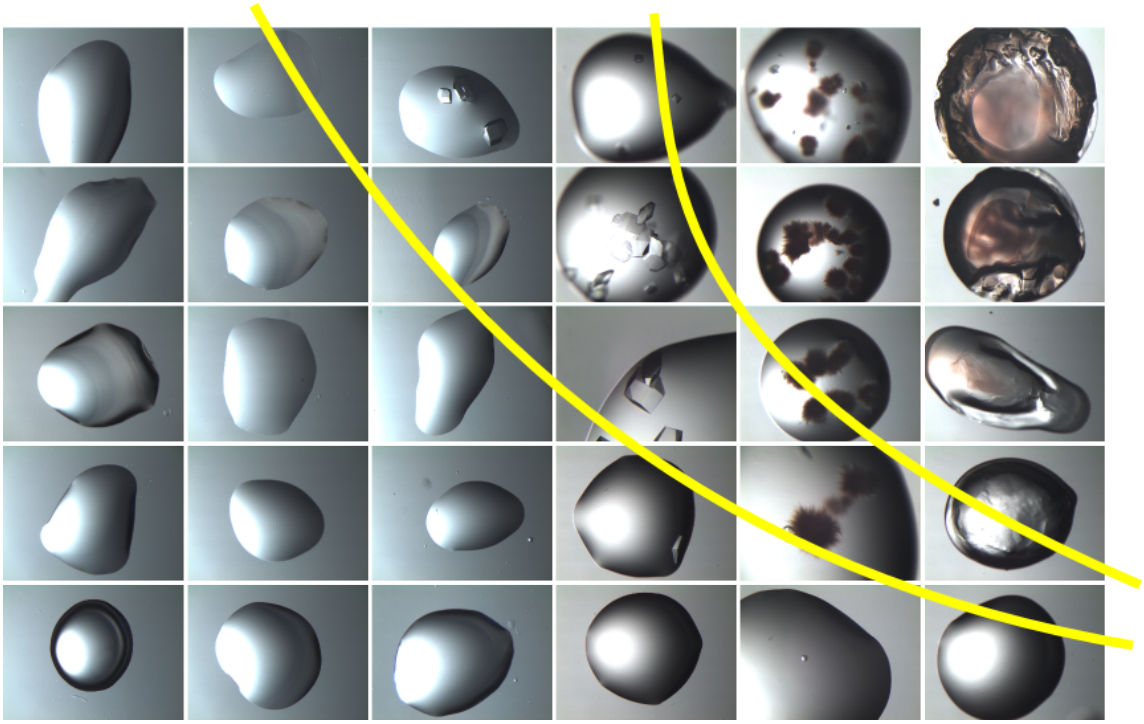
Poděkování

Autoři by rádi poděkovali Monice Kučerákové za podporu při měření difrakčních dat ve FZÚ AV ČR Cukrovarnická, Janu Stránskému a Leoně Švecové za trpělivost při vedení projektu, ÚMCH AV ČR za poskytnutí vybavení a prostor a FJFI ČVUT za organizaci akce.

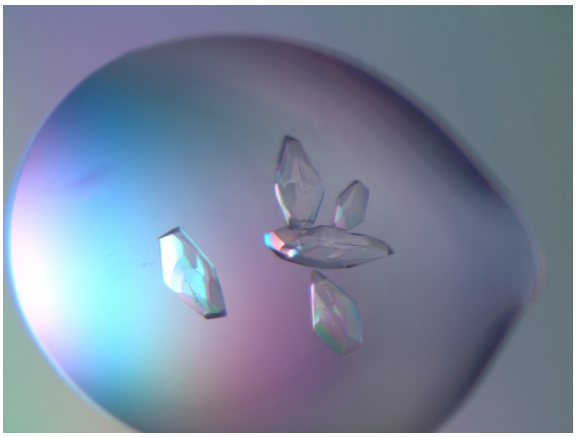
Reference

[1] DIAMOND, R.: REAL-SPACE REFINEMENT OF STRUCTURE OF HEN EGG-WHITE LYSOZYME. *JOURNAL OF MOLECULAR BIOLOGY*, sv. 82, č. 3, 1974: str. 371–&.

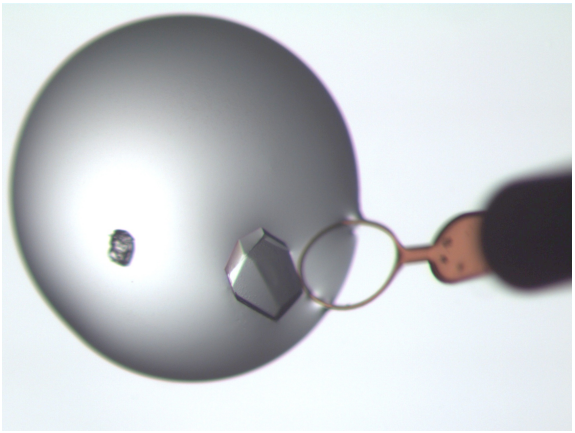
[2] Jaromír Marek, Z. T.: *Monokrystalová rentgenová strukturní analýza*. UPOL, 2002.



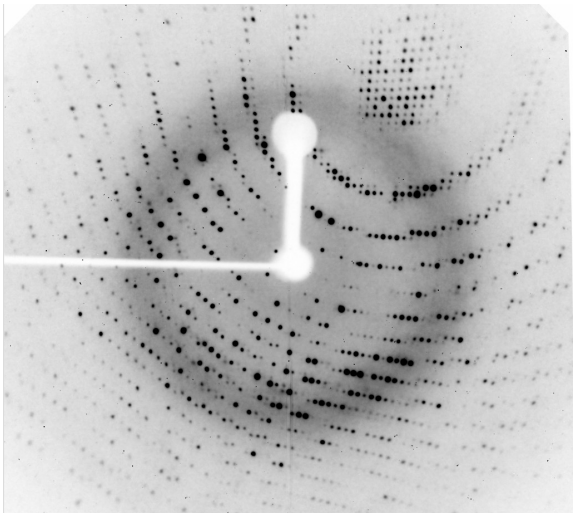
Obrázek 4: Kapky po dni inkubace. Koncentrace NaCl: 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 4 M (rostoucí s x-osou), koncentrace proteinu: 10, 30, 60, 90, 120 mg/ml (rostoucí s y-osou)



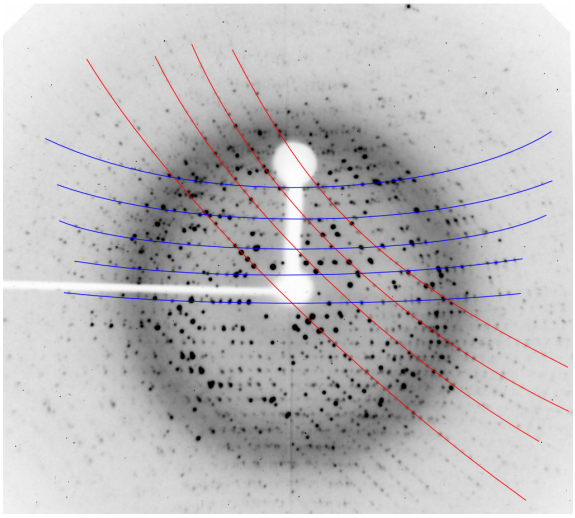
Obrázek 5: Vypěstované krystaly v polarizovaném světle



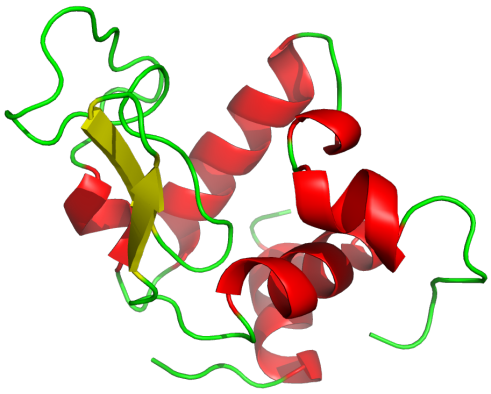
Obrázek 6: Lovení krystalu z kapky. Očko má průměr 300 μm



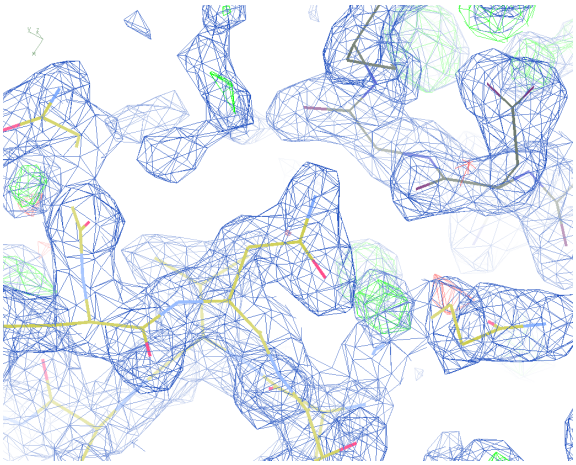
Obrázek 7: Difrakční obrazec, všimněte si rozmazaného kruhu, který vznikl kvůli ledu na krystalu



Obrázek 8: Difrakční obrazec vzniklý difrakci na dvou krystalech. Příspěvek jedné krystalové mříže je označen modrými křivkami, druhé červenými.



Obrázek 9: Terciální struktura lysozymu. Červeně jsou α-helixy, žlutě β-skládaný list a zeleně smyčky bez sekundární struktury



Obrázek 10: Část modelu molekuly lysozymu - modře mapy elektronové hustoty, tyčky symbolizují vazby mezi atomy.

Mikroskopie v materiálovém výzkumu

L. Lazar, Gymnázium Frýdlant nad Ostravicí
V. Miller, Gymnázium Omská, Praha
P. Bérešová, Mendlovo gymnázium v Opavě
S. Vráblová, Bilingválne gymnázium Milana Hodžu
A. Jiránek, Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec

Abstrakt:

Chtěli jsme se podívat na věci opravdu z blízka, vlákno z žárovky, mince a jiné neméně zajímavé objekty jsme zkoumali pod elektronovým a optickým mikroskopem. Hlavním cílem bude srovnání elektronového a optického mikroskopu. Vedlejším cílem bylo udělat chemickou analýzu mincí. Výsledkem bylo, že jsme objevili spoustu zajímavých mikrostruktur a zjistili chemické složení sledovaných předmětů.

1 Úvod

Do 16. století lidé nepotřebovali nic jiného než svůj zrak, ale jak se technologie vyvíjely, tak narůstala potřeba podívat se na určitý objekt z menší vzdálenosti a vidět i ten nejmenší detail.

K tomu lidstvu na konci 16. století dopomohli vědci Galileo Galilei a Zacharias Jansen jejich vynálezem mikroskopu. Přesto trvalo ještě přibližně 250 let, než se začaly mikroskopy vyrábět ve velkém, a to firmou Carl Zeiss.

Dříve byly mikroskopy pouze optické, ale dnes již existuje více druhů mikroskopů, každý se svým speciálním účelem. Optický mikroskop je lepší na pozorování větších předmětů, umožní nám je přiblížit až 2000x. Elektronový mikroskop nám sice umožní přiblížit pozorovaný objekt až 1 000 000x více než optický mikroskop, ale má jednu velkou nevýhodu, a to že zobrazuje pouze kovy. To se naštěstí dá obejít pokovováním.

K našemu výzkumu jsme používali řádkovací elektronový a optický mikroskop. Elektronový mikroskop pracuje pomocí tenkého svazku elektronů, který postupně dopadá na pozorovaný objekt, při interakci s ním vznikají různé druhy záření, které mikroskop snímá. Dále je snímáno RTG záření, které se využívá k chemické analýze.

2 Vlastní práce

Objekt výzkumu:

Hlavním objektem výzkumu byl dvouvrstvý návar různých druhů nerezových ocelí na obyčejné oceli. Mimo to jsme zkoumali mince.

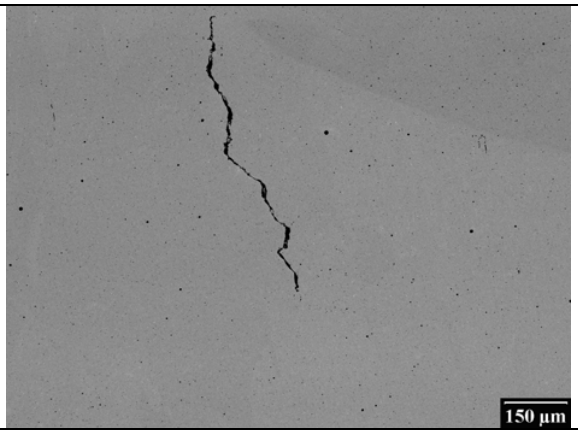
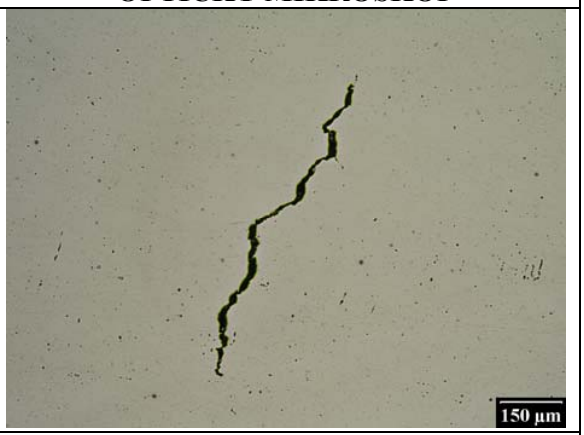
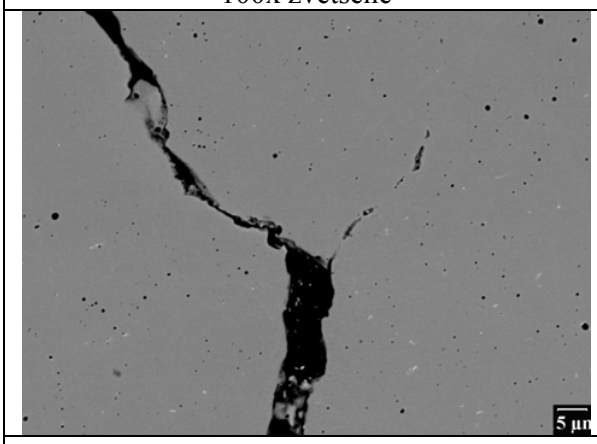
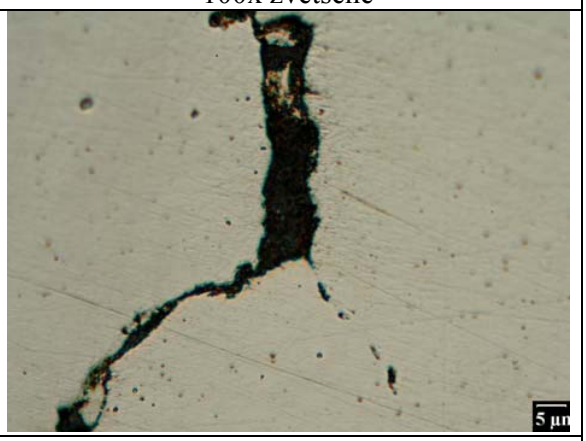
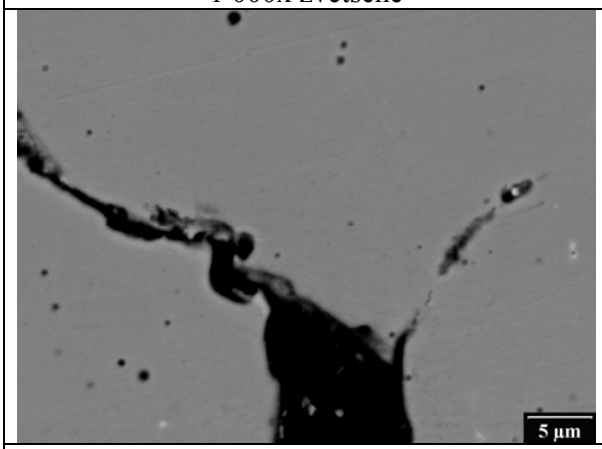
Cíle výzkumu:

Cílem výzkumu bylo srovnat elektronový a optický mikroskop. A mimo jiné zjistit i chemické složení mincí.

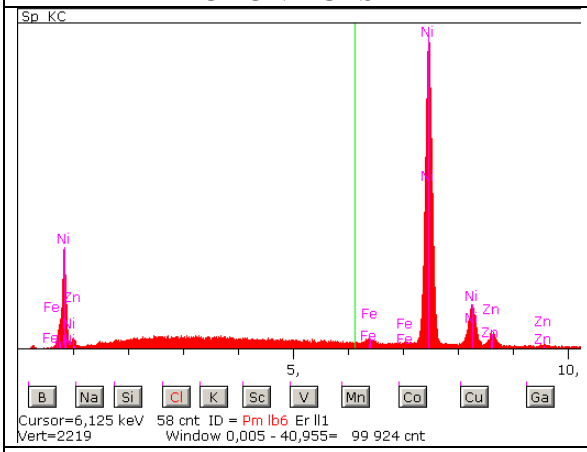
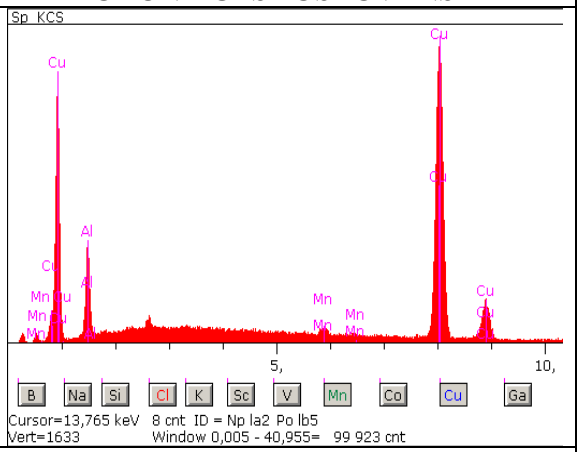
Průběh výzkumu:

Jako první jsme vzorek zkoumali v elektronovém mikroskopu, hledali jsme různé defekty či stopy po posledním testování. Elektronový mikroskop zjistil také chemické složení. Následně jsme vzorek pozorovali pomocí optického mikroskopu, z něj jsme sice chemické složení nedostali, ale vzorek dokázal přiblížit na stejnou úroveň jako elektronový mikroskop.

Výsledky výzkumu:

ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP	OPTICKÝ MIKROSKOP
	
100x zvětšené	100x zvětšené
	
1 000x zvětšené	1 000x zvětšené
	U optického mikroskopu jsme už tohoto zvětšení nedosáhli.
3 000x zvětšené	3 000x zvětšené

Chemické spektra mincí:

KORUNA ČESKÁ	KORUNA ČESKOSLOVENSKÁ
	
Mn = 0,53% Fe = 92,83% Cu = 6,64%	Al = 0,82% Ni = 90,33%

3 Shrnutí

Zjistili jsme, že elektronový mikroskop zvětší objekt více než mikroskop optický, vzorky ale musí mít značně omezenou velikost.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI, panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci TV a našemu supervizorovi Ing. Janu Adámkovi za trpělivost a podporu při realizaci našeho miniprojektu.

Reference:

[1] Baborák Jan, Krajník Richard, Molnar Oleh, *Mikroskopie v materiálovém výzkumu ;* FJFI ČVUT 2012

Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?

T. Kurimaiová
Gymnázium Christiana Dopplera
kurimaiova@msn.com

K. Ilievová
Gymnázium, Milevsko
kristyna.ilievova@gymnazium-milevsko.cz

Abstrakt:
Koloidní chemie se mimo jiné využívá pro přípravu dobře definovaných zlatých nanočástic. Jejich jedinečné optické vlastnosti jsou předmětem intenzivního výzkumu a jejich aplikační potenciál je velmi veliký. Tato práce se zabývá přípravou koloidních roztoků zlatých nanočástic tyčového tvaru a jejich charakterizací pomocí absorpční spektroskopie a rastrovací elektronové mikroskopie. Je ověřena závislost optických vlastností koloidního roztoku na poměru stran obsažených nanotyčinek.

1 Úvod

Technický obor nanotechnologie se již několik dekád drží v popředí zájmu vědců. Zabývá se tvorbou a využíváním objektů v měřítku nanometrů. V těchto velikostech získávají specifické optické, chemické a biologické vlastnosti, odlišné od chování makrolátky. Využití nanotechnologií najdeme například v elektronice, chemickém průmyslu, zdravotnictví nebo strojírenství.

Na nanočásticích zlata, které jsme v našem miniprojektu připravovali, můžeme sledovat zajímavé optické jevy. U koloidního roztoku zlata prosvíceného bílým světlem můžeme sledovat jasný rozptyl v doplňkové barvě roztoku. Intenzivní zabarvení roztoků nanočástic zlata je způsobeno jevem, který se nazývá lokalizovaná povrchová resonance nebo také lokalizovaný plasmon. Tento jev je způsoben interakcí vodivostních elektronů kovu s dopadajícím elektromagnetickým zářením (světlem), které se dále projeví jako silná absorpce světelné energie. Výslednou barvu roztoků ovlivňuje především tvar nanočástic.

2 Materiály a metody

Metoda přerůstání zárodků

Pro přípravu koloidních roztoků zlata jsme použili malé zárodečné částice zlata, které díky navzájem odlišným růstovým roztokům začaly růst anizotropně (ne do všech směrů stejně), a tak jsme docílili různých tvarů vzniklých nanočástic.[1]

Zárodky

Před přípravou samotných roztoků zlatých nanočástic jsme nejprve vytvořili tzv. zárodky pomocí rychlé redukce trojmocného zlata v CTABu (hexadecyltrimetylammonium bromide) na zlato jednomocné pomocí borhydridu sodného. Celkově jsme použili:

- CTAB 0,1 M – 4,55 ml
- $HAuCl_4$ 0,25 mM – 12,5 µl
- $NaBH_4$ 0,6 mM – 300 µl

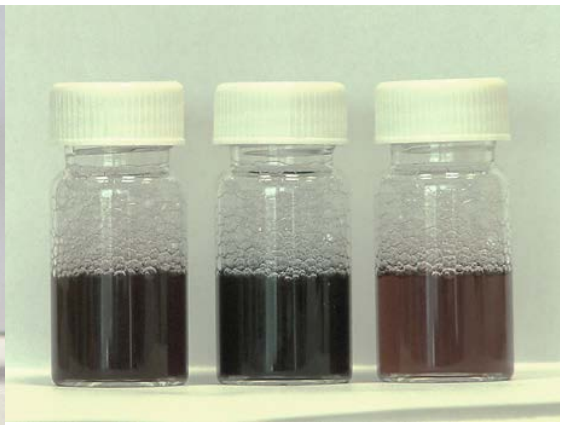
Růstové roztoky

Pro náš miniprojekt jsme použili 3 rozdílné růstové roztoky, pomocí nichž jsme vytvořili 3 různé vzorky koloidního zlata. Zde uvádíme jejich složení:

Název	CTAB 0,11M / [ml]	Milli (ultračistá voda) / [µl]	$HAuCl_4$ 0,1M / [µl]	$AgNO_3$ 0,01M / [µl]	AA (kyselina askorbová) 0,1M / [µl]	Seeds (zárodky) / [µl]
GNR13061701	9,1	702,5	50	80	55	12,5
GNR13061702	9,1	742,5	50	40	55	25
GNR13061703	9,1	647,5	25	100	27,5	100

Zárodky v růstovém roztoky jsme nechali přes noc růst za laboratorní teploty. Po 18 hodinách jsme přidali k 1. a 2. vzorku 12,5 µl kyselinu askorbovou (AA) a ke 3. vzorku 25 µl AA a teplotu jsme zvýšili na 45°C.

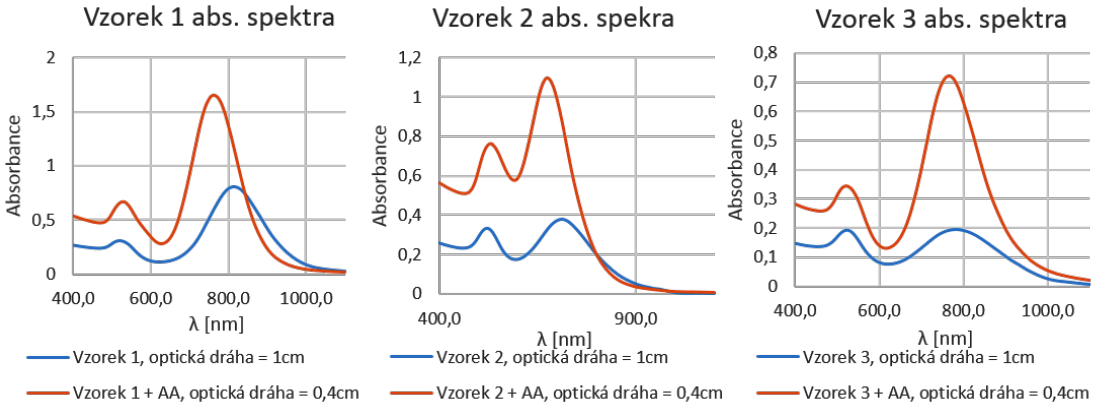
Fotografie koloidních roztoků (zleva 01, 02, a 03) před přidáním dodatečné AA.



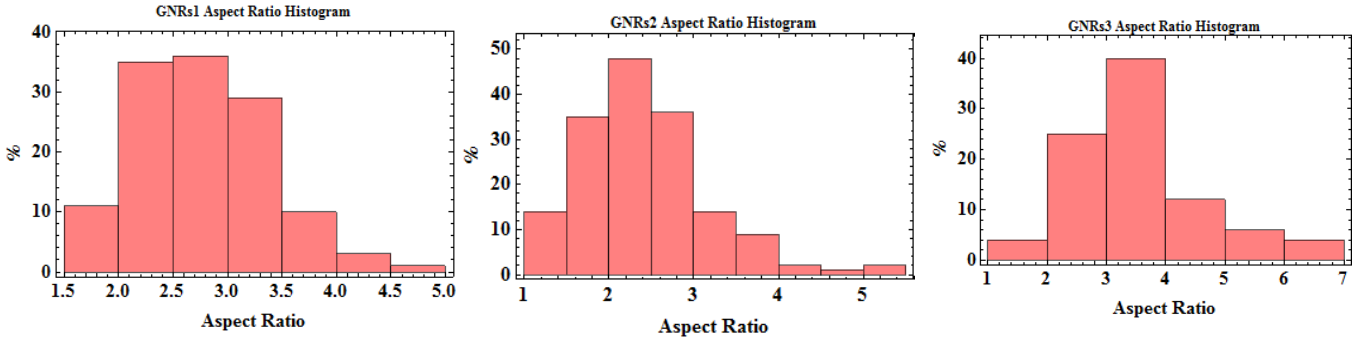
Fotografie koloidních roztoků (zleva 01, 02, a 03) po přidáním dodatečné AA.

Analýza výsledků

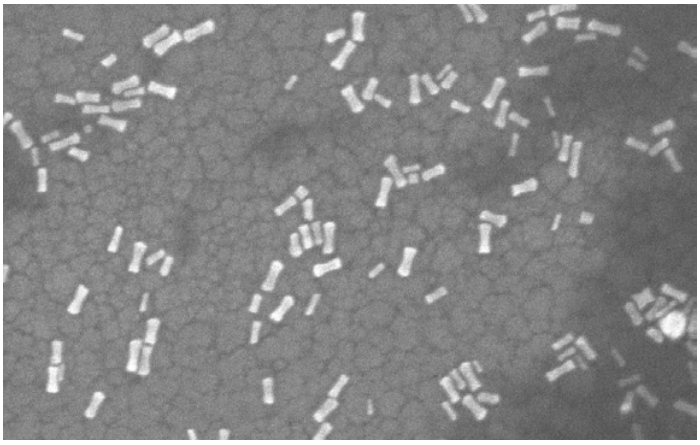
Roztoky jsme dvakrát analyzovali na spektrofotometru, nejdříve před přidáním AA a po přidání. Výsledky jsme následně vynesli do grafů.



Roztoky s přidanou AA jsme ještě analyzovali také na rastrovacím elektronovém mikroskopu (SEM). Pro každý roztok jsme pomocí snímku ze SEM měřili poměry délek a šířek jednotlivých zlatých tyčinek.



Tabulka rozměrů GNRs			
	Délka [nm]	**Šířka [nm]**	**AR**
GNRs1	44,1 ± 8,1	16,4 ± 3,7	2,8 ± 0,6
GNRs2	32,8 ± 8,1	14,1 ± 3,8	2,4 ± 0,8
GNRs3	23,2 ± 5,5	6,8 ± 1,9	3,5 ± 1,0



Snímek tyčinek GNRs1 koloidního zlata na SEMu.

3 Shrnutí

Úspěšně jsme připravili roztoky koloidního zlata, které jsme analyzovali pomocí absorpční spektroskopie plazmonových pásů a rastrovací elektronové mikroskopie. Ověřili jsme, že barva roztoků závisí na tvaru tyčinek.

Poděkování

Děkujeme panu Ing. Filipu Novotnému za výborné vedení a příjemnou pracovní atmosféru a katedře fyzikální elektroniky FJFI za poskytnuté přístrojové zázemí.

Reference

1. Nikoobakht, B. and M.A. El-Sayed, Preparation and Growth Mechanism of Gold Nanorods (NRs) Using Seed-Mediated Growth Method. Chemistry of Materials, 2003. 15(10): p. 1957-1962.
2. Koloidní zlato: sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?, http://www.tecnicall.cz/clanek/2012-01-zlato/, 19. 6. 2012
3. Wikipedia – Nanotechnologie, http://cs.wikipedia.org/wiki/Nanotechnologie

Modifikace spekter částic médiem

Ota Čapek (otacapek@seznam.cz,
Gymnázium, Roudnice nad Labem),
Viktor Skoupý (vskoupy@gmail.com;
Gymnázium, Moravská Třebová),
Lucie Švamberová (lucie.svamberova@seznam.cz;
Gymnázium Na Pražačce, Praha)

18.6.2013

Abstrakt

Seznámili jsme se s prací experimentálního částicového fyzika analyzujícího data ze srážek těžkých iontů na experimentu ALICE, ve které jsme identifikovali rozpadající se částice složené z podivných kvarků, a z následných výpočtů zjistili existenci kvark-gluonového plazmatu.

1 Úvod

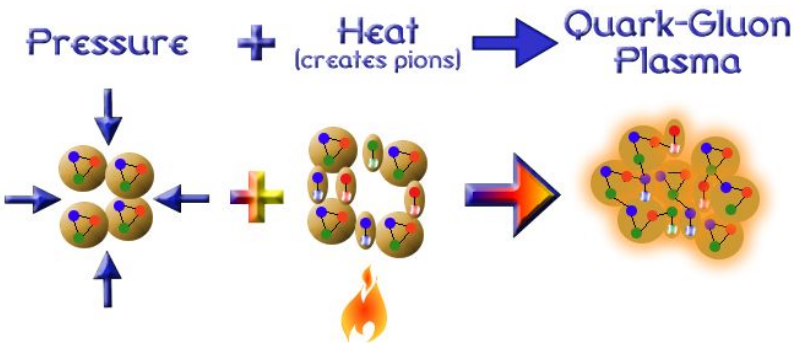
1.1 Kvarky

Za běžných okolností máme v atomovém jádře protony a neutrony, které jsou tvořeny kvarky. Celkově je známo šest typů kvarků, přičemž proton je tvořen dvěma kvarky up a jedním down, a neutron dvěma kvarky down a jedním up. Dalším typem je kvark strange (podivný). Tento kvark má kvantové číslo podivnost a částice, které jej obsahují, se nazývají podivné. Kvarky jsou drženy u sebe díky silné jaderné interakci, zprostředkovávané elementárními částicemi zvanými gluony. Gluony patří do skupiny částic s celočíselným spinem zvané bosony, a mají nulovou klidovou hmotnost i elektrický náboj. Jsou samy sobě zároveň antičásticí. Důsledkem jejich působení je vznik samotného atomového jádra, jelikož umožňují vytvoření vazby mezi protonem a neutronem.

1.2 Kvark-gluonové plazma

Obvykle jsou jak kvarky, tak i gluony vázány, nevyskytují se volně. Je nám však známý také zvláštní stav hmoty zvaný kvark-gluonové plazma (QGP), kdy kvarky a gluony nejsou vázané. Existence QGP byla potvrzena právě při experimentu ALICE v CERNu ve Velkém hadronovém urychlovači LHC (Large Hadron Collider), kterým jsme se zabývali v tomto projektu. Je pravděpodobné, že při velkém třesku byla hmota právě v tomto stavu. Vznikají při něm extrémní teploty a hustota, takže je obrovská i energie, a vzdálenosti mezi jednotlivými částicemi jsou velmi malé.

V laboratorních experimentech vydrží QGP pouze velmi krátkou dobu. Při experimentu ALICE se čelně srazí dvě jádra olova při energii $2,76$ TeV na jeden nukleonový



Obrázek 1: *Kvark-gluonové plazma*

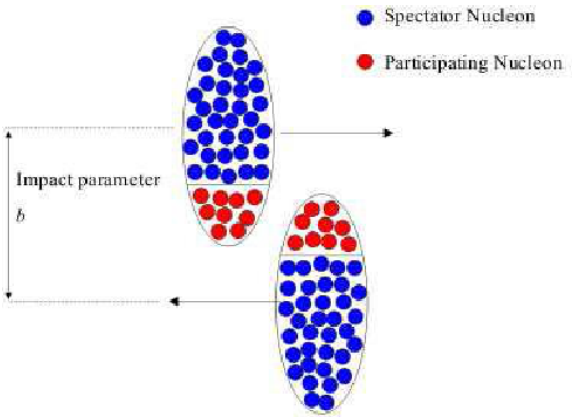
pár, neutrony a protony se na 10^{-22} s "roztaví", čímž vznikne kvark-gluonová koule, která se rychle rozpíná a ochlazuje, a nakonec se rozpadá na částice, které jsou zaznamenány v experimentu.

2 Náš výzkum

V našem miniprojektu jsme studovali závislost počtu podivných částic vzniklých při srážce jader olova v detektoru ALICE na způsobu srážky, tzv. centralitě. Podle této závislosti jsme určovali, zda se při srážce vytvořilo QGP.

2.1 Centralita

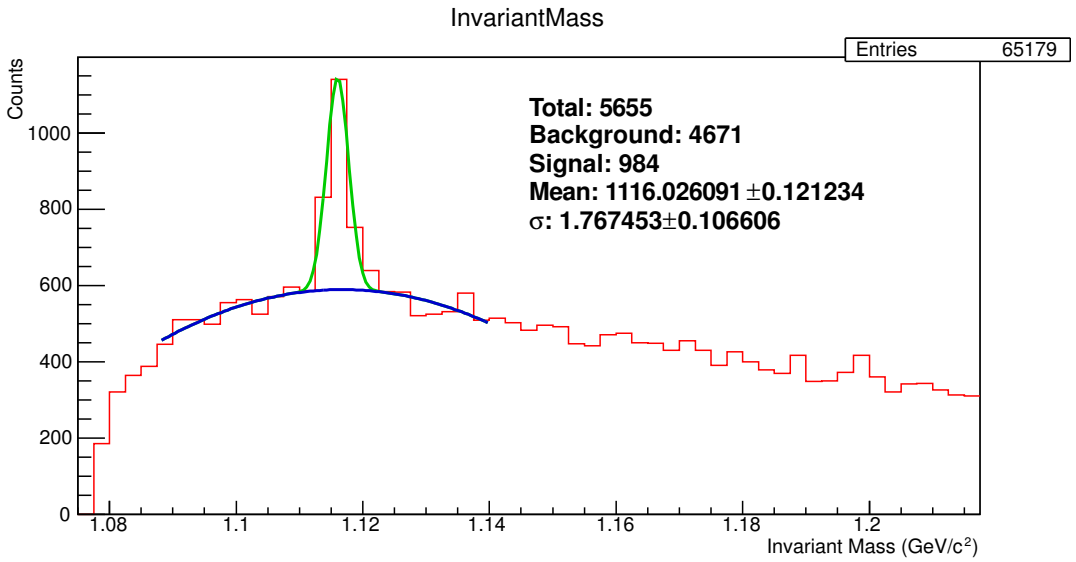
V detektoru se částice srážejí s určitou centralitou. Centralita udává, jak se jádra při kolizi překrývají (viz obr. 2), a podle rozložení nukleonů v jádře se z ní vypočítá počet nukleonů účastnících se kolize (N_{part}, červeně). Centralita se měří pomocí detektoru VZERO umístěného před detektorem ALICE.



Obrázek 2: *Centralita. Červená – účastníci kolize, modrá – diváci*

2.2 Fitování

Z rozložení hmotností částic pozorovaných v detektoru ALICE jsme získávali počet částic, které obsahují podivný kvark (kaon K^0, lambda Λ, antilambda $\overline{\Lambda}$, ksí Ξ^-). V histogramu



Obrázek 3: *Rozložení hmotností pozorovaných částic. Modrá křivka udává fit kombinatorického pozadí a zelená fit částice* Λ*. Údaj* Signal *udává počet částic* Λ*, které nepatří do pozadí.*

jsme nafitovali zvlášť pozadí a pík, čímž jsme získali počet podivných částic bez pozadí. To jsme opakovali pro jednotlivé centrality a částice.

2.3 Zjišťování existence QGP

Ze získaných dat jsme vypočítali počet podivných částic na jednu srážku jader olova podle vzorce

$$Yield_{\mathrm{Pb-Pb}} = \frac{N_{\mathrm{K}}}{N_{\mathrm{event}} \cdot \eta},$$

kde N_{K} je počet pozorovaných podivných částic, N_{event} je počet událostí a η je účinnost detektoru.

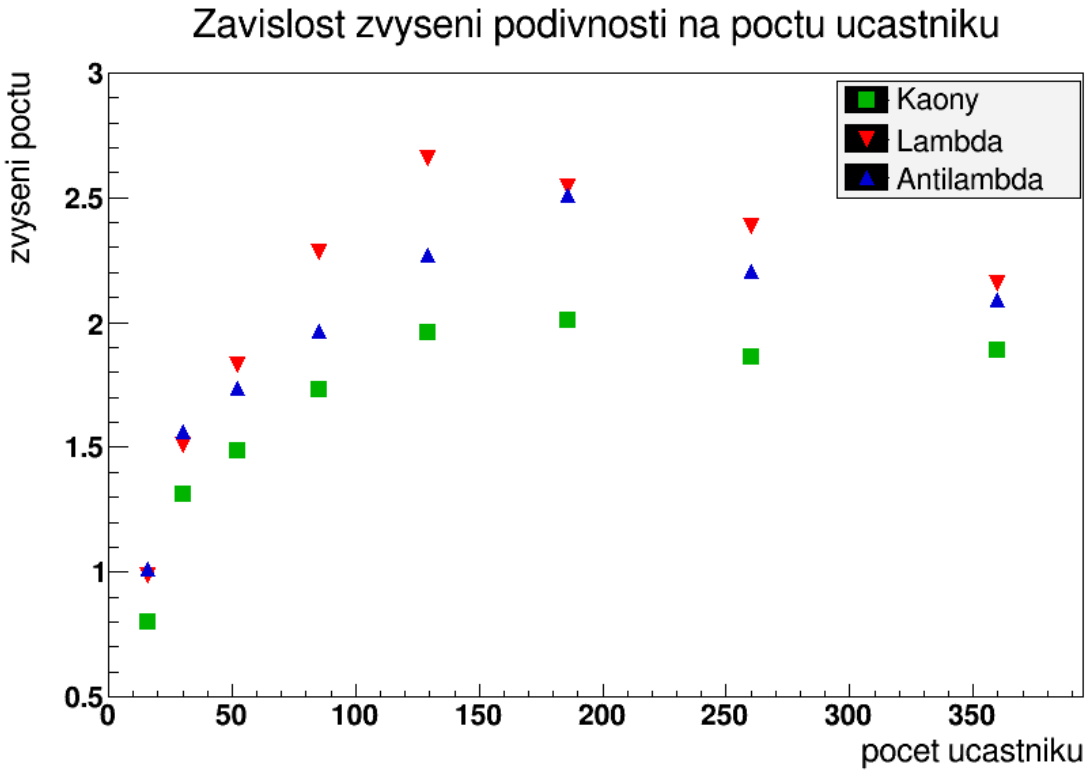
Dále jsme vypočítali kolikrát se zvýšil počet podivných částic při srážce jeder olova oproti srážce protonů násobené počtem účastníků jaderné srážky.

$$R_{AA} = \frac{Yield_{\mathrm{Pb-Pb}}}{\frac{N_{\mathrm{part}}}{2} Yield_{\mathrm{p-p}}},$$

kde N_{part} je počet nukleonů, které se účastnily srážky a závisí na centralitě a $Yield_{\mathrm{p-p}}$ je počet podivných částic na jednu srážku protonů. Výsledný graf je na obrázku 4.

3 Závěr

V QGP vzniká znatelně více podivných částic než při srážkách, kde se QGP nevytvoří (srážky protonů). Z grafu 4 lze vyčíst, že při zvýšeném počtu účastníku vzniká více podivných částic. To je způsobeno přítomností QGP, kterou jsme tím dokázali.



Obrázek 4: *Závislost zvýšení počtu podivných částic při srážce jeder olova oproti srážce protonů*

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našim supervizorům Ing. Olze Hájkové a Ing. Jaroslavu Adamovi za vysvětlení a pomoc při našich experimentech. Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům Týdne vědy za možnost realizace tohoto projektu.

Reference

[1] Olga Hájková. *Studium mezonu J/Ψ v experimentu STAR*. Praha. 2004.

[2] Plamen Petrov. *CHARGED PARTICLE MULTIPLICITY, CENTRALITY AND THE GLAUBER MODEL IN Pb–Pb COLLISIONS* $\sqrt{s_{NN}}$ = 2.76 TeV *WITH ALICE*. University of Birmingham, Birmingham B15 2TT, UK. 2012.

Počítačové zobrazování fraktálních množin

Kopalová Barbora[1], Krpenský Antonín[2], Srnec František[3], Štorek Jaroslav[2]

Gymnázium Tanvald[1], Gymnázium Praha 9[2], Gymnázium Most[3]

bara.kop@volny.cz, tonda.krpensky@gmail.cz, franzz13@seznam.cz, storek.jara@seznam.cz

Abstrakt:

Naše práce pojednává o principech fraktálů a jejich třídění. Seznamujeme čtenáře s tím, co fraktály jsou a jak se tvoří. Součástí naší práce bylo vytvoření programu pro vykreslování některých fraktálních množin.

1 Úvod

V naší práci se věnujeme problematice fraktálů. Představujeme, co fraktály jsou, k čemu je lze využít a jak je vytvořit. Sami jsme se pokusili o naprogramování programu k vykreslení některých fraktálních množin.

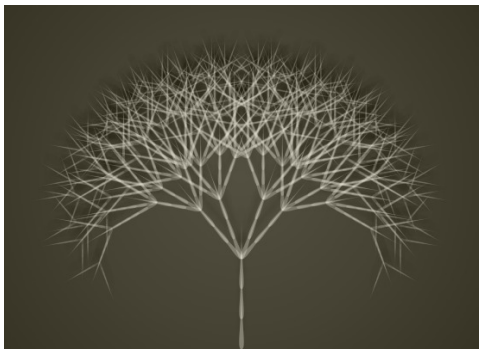
2 Fraktály

Co je fraktál?

Fraktál je geometrický útvar, který se vyznačuje soběpodobností, což znamená, že je invariantní vůči změně měřítka. Můžeme jej vytvořit jedním postupem, který budeme dokola opakovat.

Typy fraktálů

a) **L-systémy** slouží pro modelování růstu rostlin. L-systém popisuje pravidla pro vývoj rostliny, která se opakovaně aplikují na vznikající model. Tato pravidla mohou např. popisovat, za jakých podmínek se stonek rostliny rozdvojí, zda má vzniknout list nebo zda má část rostliny uhynout.



b) **IFS fraktály** jsou konstruovány pomocí tzv. afinních transformací, které provádí s daným objektem několik operací: rotaci, zmenšování a posun. Například Sierpinského trojúhelník – Obrázek 1.

c) **Polynomické fraktály (TEA)** jsou fraktální útvary v komplexní rovině, které vznikají například iterací jednoduchého vzorce $x^2 + c$, kde x a c jsou komplexními čísly. Výsledný útvar je množinou bodů c, pro které řada nediverguje.

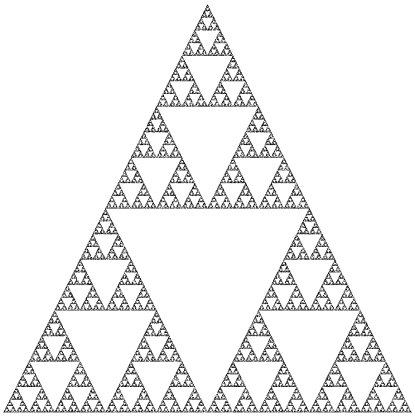
d) **Náhodné fraktály** se používají především pro popis přírodních objektů, protože do výpočtu vnášejí prvek náhody. Nejsou soběpodobné, ale pouze soběpříbuzné, což znamená, že část množiny je pouze podobná, nikoli stejná jako celá množina.

Užití fraktálů

Fraktály se používají například pro modelace přírodních procesů, jako je růst rostlin, rozrůstání mikroorganismů, formování mraků (počasí) nebo turbulence. Dále např. při předpovídání vývoje na burze. Můžeme je také zahlédnout v oboru designu a v počítačové grafice.

Náš program

K vytvoření programu jsme použili programovací jazyk C s knihovnou SDL. Podařilo se nám naprogramovat Mandelbrotovu množinu s jejími variacemi na třetí, čtvrtou a pátou mocninu. Dále jsme také vytvořili Sierpinského trojúhelník metodou „chaos game“. To je metoda, kdy si zvolíme tři pevné body a dále si zvolíme libovolný bod. Posléze vytvoříme spojnici mezi tímto bodem a jedním z pevných bodů. V jejím středu zakreslíme bod. Od tohoto bodu pokračujeme k dalšímu z pevně zvolených bodů a tento postup opakujeme. Podle počtu iterací vzniká úměrně čitelný Sierpinského trojúhelník. Naši práci dokumentují obrázky č. 1, 2 a 3.

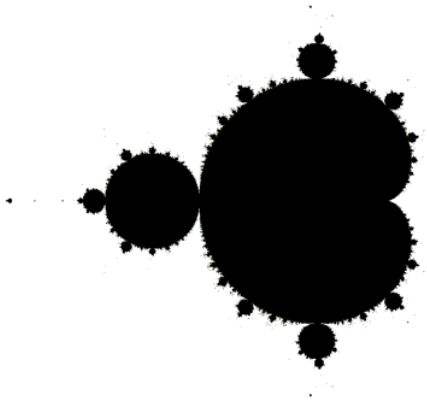


Obrázek 1 - Sierpínského trojúhelník

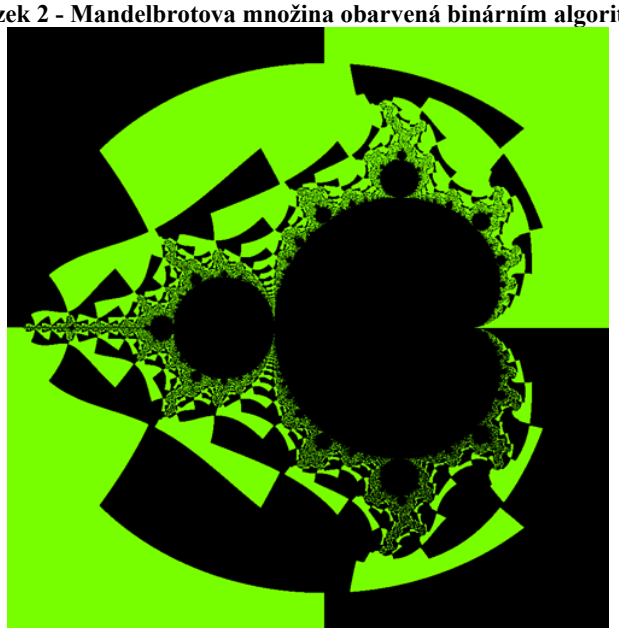
Obarvovací algoritmy

V našem případě jsme Mandelbrotovu množinu obarvili třemi běžnými způsoby. Prvním byl binární způsob, tzn., že jsme vykreslili pouze body, které do množiny patří. Dále jsme použili algoritmus odhadování vzdálenosti, kde barva odpovídá počtu nutných iterací ke zjištění, zda bod do množiny patří, či nikoli. A jako poslední obarvení jsme

zvolili algoritmus binární dekompozice, kde jsme podle kladnosti či zápornosti imaginární složky rozhodli o barvě bodu.



Obrázek 2 - Mandelbrotova množina obarvená binárním algoritmem



Obrázek 3 - Mandelbrotova množina obarvená logaritmem binární dekompozice

3 Shrnutí

Dozvěděli jsme se, že fraktály jsou téměř všudy přítomné. Můžeme jimi popisovat přírodní a další jevy. Výsledkem naší práce je především program, který jsme naprogramovali. Tento program dokáže zobrazovat několik barevných variací Mandelbrotovy a Juliovy množiny a také Sierpinského trojúhelník. Jeho součástí je také přibližování a oddalování náhledů. Jako největší úspěch považujeme vytvoření animace zdánlivě třírozměrného Sierpinského trojúhelníku.

Reference:

PAUŠ P.: *Počítačová analýza fraktálních množin,* 2005

PAUŠ P.: *Počítačové generování fraktálních množin*, 2004

PEITGEN, H.-O., HARTMUT J., DIETMAR S.: *Chaos and fractals: new frontiers of science*. Springer, 2004.

Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

O. Čajánek
Gymnázium U Balvanu 16, Jablonec nad Nisou
ondrej.cajanek@gmail.com

Z. Drázdová
Gymnázium Česká a Olympijských nadějí, České Budějovice
zdrazdova@gmail.com

F. Gašpar
Gymnázium Teplice
gasapar@seznam.cz

F. Stanislav
Purkyňovo Gymnázium Strážnice, Strážnice
fifelo33@seznam.cz

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo pochopit využití stochastické metody Monte Carlo pro výpočet obsahu rovinných obrazců a aplikovat ji na několika odlišných příkladech.

1 Úvod

Základní myšlenka metody Monte Carlo je velice jednoduchá, chceme určit střední hodnotu veličiny, která je výsledkem náhodného děje. Vytvoří se počítačový model tohoto děje a po proběhnutí dostatečného množství simulací se mohou data zpracovat klasickými statistickými metodami.

V případě výpočtu plochy uvnitř křivky φ touto metodou je výše zmíněným náhodným dějem generování bodů s náhodnými souřadnicemi v oblasti (o známé ploše) v rovině, ve které φ leží. Sledovanou veličinou je poměr bodů uvnitř φ.

2 Princip výpočtu

Metoda je založena na jednoduchém statistickém principu. Do oblasti o známém obsahu, ve které je křivkou ohraničený obrazec, se náhodně umístí body. Poměr obsahu obrazce ku obsahu oblasti je přímo úměrný k počtu bodů v obrazci ku počtu všech bodů. Tedy

$$S_{\text{obrazec}} = \frac{N_{\text{obrazec}}}{N_{\text{celkem}}} S_{\text{celkem}}.$$

Význam symbolů:

- S_{celkem} – známý obsah oblasti
- N_{obrazec} – počet bodů v obrazci
- N_{celkem} – celkový počet bodů

Pro odhad kvality výpočtů určujeme střední kvadratickou odchylku σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10}(S_i - \overline{S})^2},$$

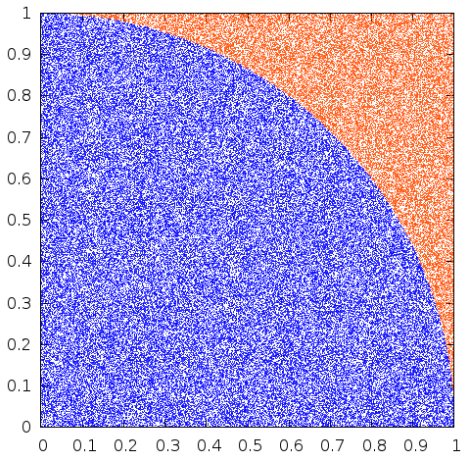
pomocí které je možné sledovat závislost přesnosti výpočtů na počtu N_{celkem}. Na základě teorie pravděpodobnosti je možné odvodit, že tato odchylka se chová jako $1/\sqrt{N_{\text{celkem}}}$, to znamená, že pokud N_{celkem} zvýšíme $100\times$, výpočet se zpřesní zhruba $10\times$.

3 Výpočty

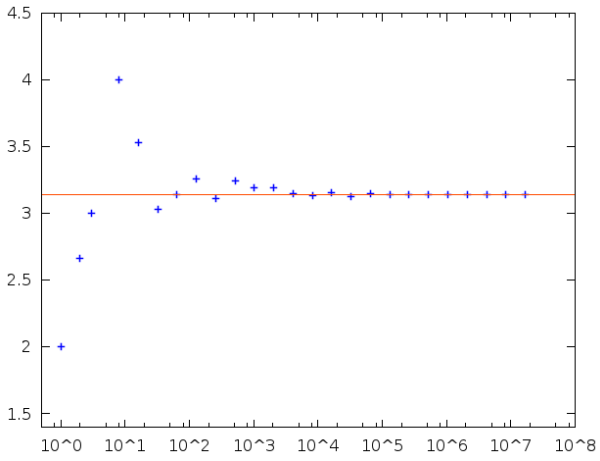
Naším úkolem bylo vypočítat obsah několika obrazců. Při seznamování s novou metodou je vhodné začít příkladem, kdy výsledek můžeme porovnat se známou hodnotou. Proto jsme v prvním příkladu určovali hodnotu π. V následující úloze jsme zvolili funkci, kde lze plochu určenou pomocí metody Monte Carlo porovnat s výsledkem jiného numerického postupu. Naším posledním úkolem bylo vypočítat obsah obrazce zadaného implicitní funkcí.

3.1 Výpočet čísla π

Pro přibližný výpočet π jsme vymezili čtverec o délce stran 1 a s počátkem souřadnic v levém dolním rohu. Do něj můžeme vepsat čtvrtkruh o poloměru $r = 1$ a středu $S = [0, 0]$ (na obrázku 1). Po vynásobení výsledku 4 dostáváme přibližný obsah kruhu, což lze porovnat s výpočtem $S = \pi r^2 = \pi$. Dále jsme mohli sledovat konvergenci výsledné hodnoty k π v závislosti na počtu náhodných bodů (na obrázku 2).



Obrázek 1: Výpočet π



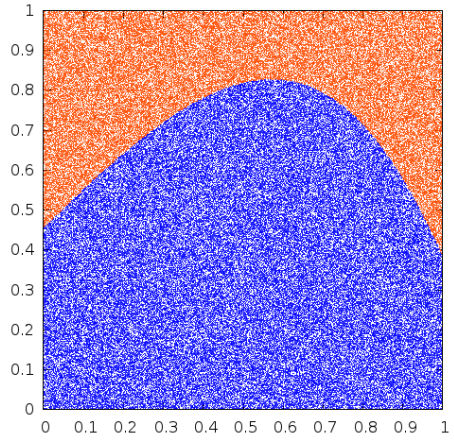
Obrázek 2: Konvergence k π

3.2 Výpočet plochy pod křivkou

V druhém příkladu jsme měli zadanou funkci

$$f(x) = \sin(e^x)\cos(e^{-x})$$

a počítali jsme obsah plochy pod touto křivkou na oblasti $\langle 0\,;1\rangle \times \langle 0\,;1\rangle$.



Metodu Monte Carlo jsme v tomto případě porovnali s obdélníkovou metodou. Ta spočívá v rozdělení osy x v dané oblasti na určitý počet kroků. Pro každý krok se vypočítá obsah $S = f(x)h$, kde $h = \frac{1}{n}$. Význam symbolů:

- h – velikost jednoho kroku
- n – počet kroků

Výsledný součet — tj. suma obsahů jednotlivých obdélníčků — se se vzrůstajícím počtem n blíží k celkovému obsahu.

Provedli jsme deset výpočtů a při každém jsme měnili počet bodů. Pro výsledné hodnoty jsme určili aritmetický průměr a směrodatnou (střední kvadratickou) odchylku.

Tabulka 1: Metoda Monte Carlo

počet bodů	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7
výpočet 1	0,68400000	0,68400000	0,68831000	0,68708200	0,68754560
výpočet 2	0,70800000	0,69120000	0,68619000	0,68736700	0,68767570
výpočet 3	0,67700000	0,69060000	0,68788000	0,68720600	0,68738660
výpočet 4	0,69600000	0,69340000	0,68696000	0,68767100	0,68741620
výpočet 5	0,71000000	0,68590000	0,68729000	0,68752000	0,68744540
výpočet 6	0,67300000	0,69590000	0,68962000	0,68743300	0,68773260
výpočet 7	0,69900000	0,68410000	0,68726000	0,68697900	0,68738140
výpočet 8	0,67800000	0,69350000	0,68505000	0,68791800	0,68748770
výpočet 9	0,69400000	0,68710000	0,68745000	0,68765500	0,68759540
výpočet 10	0,67600000	0,68300000	0,68602000	0,68723900	0,68722440
arit. průměr	0,68950000	0,68887000	0,68720300	0,68740700	0,68748910
směr. odchylka	0,01299423	0,00438954	0,00121316	0,00027655	0,00014422

Tabulka 2: Obdélníková metoda

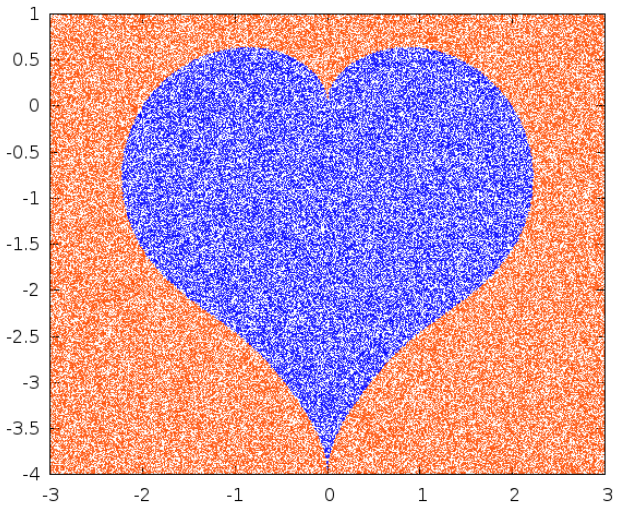
počet kroků	plocha
10	0,72662853
100	0,68777728
1000	0,68748308
10000	0,68748957
100000	0,68745186

Jak můžeme vidět z tabulek 1 a 3, obdélníková metoda je přesnější již při menším množství početních operací (obdélníků/bodů).

3.3 Výpočet plochy obrazce

Na závěr jsme zvolili implicitně zadanou funkci (1). Obsah obrazce, který vymezuje, není možné vypočítat ani analyticky, ani obdélníkovou metodou, proto je zde Monte Carlo jedinou možností.

$$x^2 + y^2 = 2\sqrt{x^2+y^2} - 2y + \frac{y\sqrt{\frac{|x|}{\sqrt{x^2+y^2}}}}{\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} + 1{,}4} \tag{1}$$



Tabulka 3: Obsah srdce

počet bodů	10^4	10^5	10^6	10^7
arit. průměr	12,5706	12,53493	12,521496	12,5233071
směr. odchylka	0,147847354	0,038840084	0,012094985	0,00483151

4 Závěr

Po pochopení principu metody Monte Carlo jsme jí úspěšně aplikovali na tři příklady. Podařilo se nám určit přibližnou hodnotu π a vypočítat obsah plochy implicitně zadané funkce. Avšak metoda není vždy tím nejvhodnějším způsobem výpočtu. Pro ilustraci, v příkladu 2 se ukázalo, že obdélníková metoda je přesnější a rychlejší než Monte Carlo.

Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat garantovi našeho miniprojektu Ing. Petru Ambrožovi, Ph.D. za vysvětlení principu metody Monte Carlo a následující obsáhlou pomoc s vypracováním.

Reference

[1] Miroslav Virius, Metoda Monte Carlo, České vysoké učení technické v Praze, 2010

[2] Wikipedia: Metoda Monte Carlo, http://cs.wikipedia.org/wiki/Metoda_Monte_Carlo [cit. 2013-06-18]

Fotorealistické vykreslování 3D scény pomocí POV-Ray

L. Jenček[1], J. Rozkopal[2], M. Rusín[3], Z. Šimečková[2]
[1]Gymnázium Dr. J. Pekaře, Mladá Boleslav,
[2]Gymnázium Česká a Olympijských nadějí, České Budějovice,
[3] Gymnázium Československých dobrovolců, Teplice

lubor.jencek@gmail.com, Jindra.Krtek@seznam.cz, rusinmartin@seznam.cz, simeckovazuzana@gmail.com

Abstrakt

Persistance of Vision Ray-Tracer, neboli POV-Ray je nástroj k renderování 3D scén popsaných jazykem SDL. Za jeho pomoci můžeme vytvořit realisticky vypadající modely. Naším úkolem bylo seznámit se s tímto programem a pokusit se vytvořit model na zadané téma.

1 Úvod

POV-Ray, software k renderování scén popsaných v jazyce SDL, používá metodu sledování paprsku (raytracing), čímž vytváří realisticky až futuristicky vypadající modely. Scéna se skládá ze základních objektů, jako jsou koule a kvádry, které se skládají, stylují a osvětlují a tvoří komplikované tvary. Jedná se o volně šiřitelný program s otevřeným zdrojovým kódem, obsáhlou online dokumentací a komunitou uživatelů. V následujícím textu je přiblížená tvorba jednoduché scény v POV-Ray.

2 Práce s programem

Program nedisponuje grafickým rozhraním, ke psaní kódu je nutné využít textový editor a orientovat se v programovacím jazyce. Prostor scény je definován trojicí souřadnic (tvz. kartézský systém), světelnými zdroji, objekty a kamerou. Objekty se upravují množinovými operacemi - sjednocení, rozdíl a průnik. Objekty se natáčí, přesouvají a volí se jejich materiál, který reaguje na světelný zdroj. Program umí pracovat s obvyklými logickými funkcemi (while, if), čímž usnadňuje popis složitých scén.

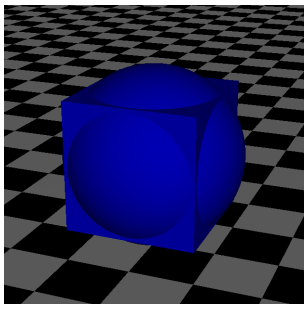
Ukázka kódu

Následující kód popisuje scénu na obrázku 1:

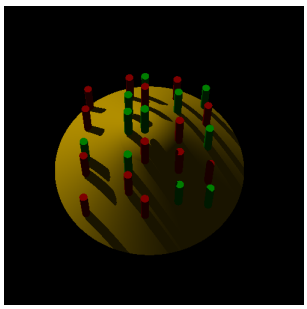
```
#include "colors.inc"
camera{ location <4, 4, -10> look_at 0 angle 36 }
light_source{ <500, 500, -1000> White }
plane{ y, -1.5 pigment{ checker White Black } }
union {
    box{ -1, 1 }
    sphere{ 0, 1.375 }
    pigment{ Blue } }
```

Tvoření scény

Za cíl miniprojektu jsme zvolili vytvoření „krajinky“ v podobě kopců a stromů na nich. Práci jsme si rozdělili do logicky ucelených částí - jehličnatý strom, listnatý strom, kopec a prostředí. Na závěr jsme části spojili, sjednotili jsme měřítko a vytvořili pozadí.



Obrázek 1: Výsledek interpretace ukázkového kódu



Obrázek 2: Při tvorbě kopce a testování náhodného rozmístění stromů byly místo stromů použity provizorní válce

Jehličnatý strom

Jehličnatý strom byl vytvořen pomocí kužele, od kterého byly odečteny pravidelně se opakující kvádry po obvodu kužele. Objekty se okopírovaly a vrstvily na sebe tak, aby vytvořily dojem nepravidelného rozmístění. Na závěr byl kmen stromu sjednocen s kužely a bylo upraveno jejich měřítko.

Listnatý strom

Na větve tvořené komolými kužely jsme nejdřív nanesli listy, které vznikly průnikem kvádru a koule. Tyto větve jsme poté umístili na další, dvakrát tak velký komolý kužel. Opakováním tohoto postupu byl vytvořen dojem přirozeného větvení stromu. Nakonec byla na větve nanesena textura dřeva.

Kopec

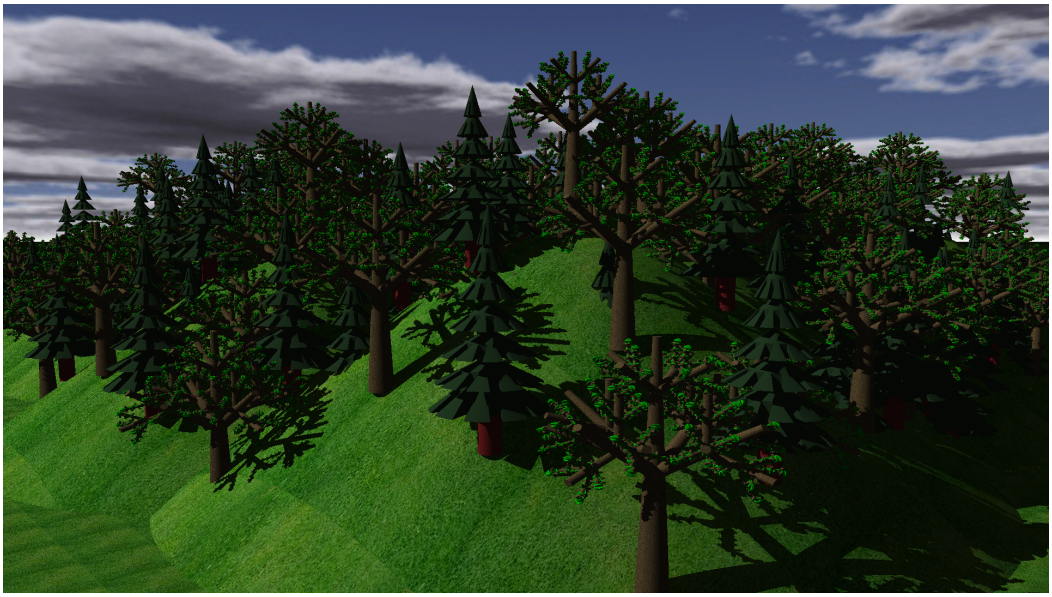
Tvar kopce vznikl složením kuželu a koule. Stromy byly rozmístěny do vrcholů pomocné mřížky jednoduchým algoritmem a pro přirozený dojem byly ještě pomocí náhodných hodnot vychýleny. Výběr druhu stromu byl opět randomizován (viz obrázek 2).

Prostředí

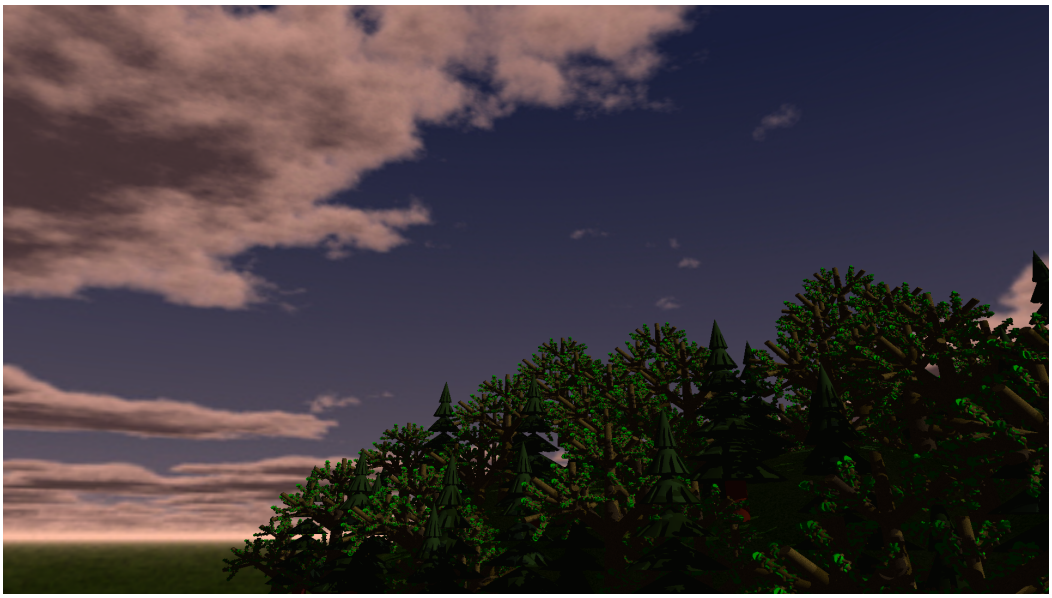
Prostředí kombinuje všechny objekty připravené v samostatných souborech .inc a přidává oblohu jako bitmapu nanesenou na krychli, která obklopuje celou scénu a rovinu s texturou trávy. Kopce se stromy jsou ve scéně umístěny na pravidelné mřížce s náhodným posunutím po všech osách, čímž se docílilo větší věrohodnosti. Scéna je osvětlena jedním bodovým světlem simulujícím slunce.

Výsledky

Hotovou scénu jsme vyrenderovali s různým nastavením kamery, viz obrázek 3 a 4.



Obrázek 3: Pohled na hotovou scénu



Obrázek 4: Pohled na hotovou scénu za soumraku

3 Závěr

Během práce na tomto miniprojektu jsme se naučili pracovat s POV-Ray, zároveň s tím i základy programovacího jazyka SDL. Znalosti jsme využili při modelování 3D scény na téma "krajina". Úspěšně jsme vyzkoušeli práci v týmu a vyřešili jsme s ní související problémy.

Poděkování: Rádi bychom poděkovali všem, kteří se podíleli na přípravě Týdne vědy na FJFI ČVUT a rovněž vedoucímu našeho miniprojektu Ing. Pavlu Strachotovi, Ph.D.

Reference

[1] P. Strachota: *Počítačová grafika* (přednášky). FJFI ČVUT, Praha, 2012.

[2] Žára, Beneš, Sochor, Felkel: *Moderní počítačová grafika*. Computer Press, 2005. ISBN: 80-251-0454-0

[3] Use constructive solid geometry. URL: `http://wiki.povray.org/content/HowTo:Use_constructive_solid_geometry` [06/19/12]

[4] POV-Ray 3.6.1 Documentation. URL: `http://www.povray.org/documentation/` [06/19/12]

Linux Lab

T. Bautkinová, Gymnázium Botičská
T. Gruntorád, Gymnázium Studentská- Havířov, p.o.
J. Trnavský, Gymnázium a SOŠZZE Vyškov
D. Pecl, Gymnázium a SOŠZZE Vyškov

Abstrakt:

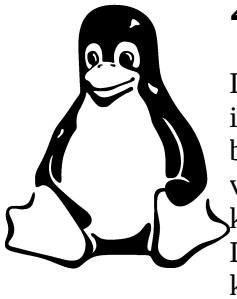
Operační systém Linux je mezi běžnými uživateli mnohdy vnímán negativně. Přitom disponuje atraktivním uživatelským rozhraním a je finančně přístupnější než jiné komerčně známé operační systémy. V tomto článku se seznámíme s jeho základními principy a ideemi.

1. Základní charakteristika

Linux je open source operační systém založený na principech Unixu. Název je odvozen od jména jeho tvůce Linuse Torvaldse, „X“ na konci odkazuje právě na spojitost s Unixem. Je distribuován pod licencí GNU GPL, jejímž cílem je vývoj a šíření svobodného softwaru, proto můžeme rovněž narazit na označení GNU/Linux. Jádro Linuxu je víceúlohové, takže může najedou běžet více oddělených procesů, takzvaný multitasking, též se jedná o víceuživatelský operační systém, na němž může pracovat více uživatelů zároveň. Tím, že je Linux otevřeným softwarem, a dá se tedy modifikovat, dochází k vzniku různých rozmanitých distribucí. Je jej možné používat na velkém množství zařízení od PDA přes notebooky, stolní počítače až po specializované servery.

Linux je velmi bezpečný. Neexistuje na něj příliš mnoho virů ani malware. Podporuje jak 64bitové procesory, tak i procesory s více jádry. Linux nevlastní žádná firma, ale mnohé firmy ho podporují, například Intel, HP, IBM nebo Google.

S Linuxem máte vždy na výběr. Můžete si vybrat architekturu počítače, operační systém, distribuci, software, který chcete používat, filosofii, která vám vyhovuje nejlépe, stejně jako vzhled a prostředí, ve kterém chcete pracovat. Můžete si vybrat práci se systémem na nejrůznějších úrovních od začátečníka až po pokročilé uživatele.



2. Historie

Linus Torvalds započal vývoj jádra v roce 1991. K jeho vytvoření ho inspiroval jiný unixový operační systém, MINIX. Již 17. 9. téhož rokou byla na internetu zveřejněna první verze Linuxu. Od počátku o něj byl velký zájem, velký podíl na jeho zdokonalení měli samotní uživatelé, kteří tvůrci dodávali podněty k opravám a upravené zdrojové kódy. Dodnes si Linus ponechává výhradní právo rozhodovat ve všech otázkách kolem projektu. V dnešní době jádra obsahují asi 2% jeho kódu.

Aktuálním logem Linuxu je tučňák Tux. Vytvořil jej Larry Ewing v grafickém programu GIMP v roce 1996. Samotného tučňáka si ale vymyslel Linus Torvalds. Jméno Tux vychází jednak ze zkratky **T**orvalds **U**ni**X** a jednak je to zkráceně tuxedo, což je anglický výraz pro

frak. Tučňák měl původně vypadat drsně a agresivně. Nakonec ale zvítězila podoba spokojeného, „nabaštěného”, veselého, kamarádského a pohodového Tuxe.

3. Linuxové distribuce

Linuxová distribuce je označení pro jádro systému a programové vybavení. Je většinou velmi snadno použitelná a jednoduchá na základní instalaci. Distribuce jsou tvořeny proto, aby si každý uživatel nemusel "nabalovat" na jádro součásti, které potřebuje na seskládání funkčního celku. Obsažený software je nejčastěji open source, ale občas se v některých distibucích používá "nesvobodný software." Ten nemusí být nutně špatný, ale uživatel má k dispozici pouze binární soubory a nemá přístup ke zdrojovým kódům. Nejčastěji používáný nesvobodný software je Adobe Flash Player. Každá distibuce má vlastní jméno a jiné zaměření.

Distribuce můžeme dělit na komerční, kde se platí za technickou podporu (Red Hat Enterprise, Mandriva) nebo nekomerční, u kterých je uživatelská podpora zajištěna komunitou (Ubuntu, Debian, Gentoo), uživatele si navzájem radí pomocí fór, irc...

Vybrané linuxové distibuce a jejich krátký popis

Ubuntu - Nejrozšířenejší desktopová linuxová distribuce. Své základy postavila na Debianu. Je vhodný pro začátečníky. Má profesionální i komunitní podporu. Má vlastní centrum softwaru, kde najdete hry, programy a další užitečné věci. Existuje mnoho odnoží, které mají rozdílné prostředí LXDE, KDE (Kubuntu), GNOME. V roce 2010 původní Ubuntu přešlo na vlastní prostředí Unity. Nyní vytváří nadějný systém pro mobilní telefony.

Fedora - Distribuce vhodná pro začátečníky. Uživatel si může zvolit desktopové prostředí i určení.

Debian – Jedna z nejstarších distribucí, zakladatelem je Ian Murdock. Distribuce je pojmenována po jeho ženě (Debra). Je to přísná open source distribuce, která je vyvíjena dobrovolníky z celého světa. Nabízí on-line repozitář (server, kde jsou uloženy zdrojové kódy) softwarových balíků.

Red Hat Linux – jedna z nejstarších distribucí, dnes komerční hlavně díky Red Hat Enterprise Linuxu. V Red Hatu vznikl balíčkovací systém RPM. Na desktopech se již často nepoužívá.

Slackware – Jedna z prvních distribucí, vhodná spíše pro pokročilejší uživatele.

Gentoo – Instalace neprobíhá formou binárních souborů, ale kompiluje se přímo na PC. Po dlouhé instalaci uživatel dostává optimalizovaný systém a software na svůj počítač.

SUSE – Původně samostatná distribuce, později koupena firmou Novell. Další distribuce vhodná pro začátečníky. Je možné si koupit krabicovou verzi, ale dá se stáhnout zdarma z internetu.

Linux Mint – Tato distribuce vhodná pro začátečníky i pokročilé vychází z Ubuntu, zaměřená hlavně na konzervativní uživatele. Je volně dostupná a přístupná v mnoha světových jazycích. Kolem distribuce vznikla rozsáhlá komunita, která zajišťuje podporu. Protože Linux Mint vychází z Ubuntu, tak přejímá i jeho systém vydávání nových verzí. Hlavní desktopová prostředí jsou Cinnamon, MATE, Xfce. Sesterská distribuce, která výchází z Debian se jmenuje Linux Mint Debian Edition.

4. Prostředí v Linuxu

Grafická neboli desktopová prostředí jsou onou nadstavbou, pomocí které operační systém jakožto běžní uživatelé ovládáme, a na kterou se neustále díváme.

KDE je grafické prostředí původem z Německa. Vyznačuje se značnou komplexností, obsahuje skvělý konfigurátor Control Centrum, ve kterém se dá nastavit snad úplně všechno. Jeho ovládání je velmi jednoduché a pochopitelné i pro naprostého začátečníka. Obsahuje spoustu integrovaného softwaru.

GNOME je konkurentem pro KDE, ale na rozdíl od něj je tvořen mnohem širším týmem autorů a pochází z Ameriky. Má mnoho integrovaného softwaru, který je rozdílný od KDE.

XFCE se poslední dobou stále více prosazuje. Není tak náročný jako přechozí zástupci. Využití nachází tam, kde jsou nároky na úsporu paměti. Díky svým nízkým nárokům je svižný i na starších strojích.

LXDE je poměrně mladé prostředí, které se začíná prosazovat. Své nároky má menší, dokonce i než XFCE. Na spuštění stačí i staré Pentium II. Při testech také používalo nejméně paměti. Své využití najde na velmi starých strojích nebo na netboocích.

5. Kde jej můžeme najít?

Vyskytuje se v řídících systémech semaforů, palubních systémech raketoplánů a vesmírných plavidel, dále se využívá v routerech. Na Linuxu je založen operační systém Android používaný v mobilních zařízeních jako jsou například mobilní telefony nebo tablety.

6. Je Linux omezení?

Není! Pro Linux existuje spousta programů a aplikací suplující ty, na něž jste pravděpodobně zvyklí z Microsoft Windows. Jsou to například: kancelářský balík LibreOffice, Mozzila Firefox, Thunderbird, Gimp, Blender, ICQ, Pidgin a mnoho dalších. Pokud se i přes to nedokážete obejít bez programů a aplikací pro Windows, je možnost využití API Wine. Fanoušci počítačových her jistě ocení software Cedega, jenž poskytuje aklipační rozhraní pro jejich spuštění. Existuje samozřejmě množství kvalitních her, které byly pro Linux modifikovány, například Doom I, Doom II, Doom III, Quake I, Quake II, Quake III nebo Heroes Of Might And Magic III.

Shrnutí

Nekoukejte na svět skrz Wokna, zkuste Linux!

Poděkování

Poděkování patří našemu supervizorovi Ing. Janu Machovi za to, že nás podržel v nejtěžších chvílích.

Reference:

ADAM PŘIBYL *Výhody operačního systému Linux* 2005-2012 http://www.linux.cz/

PETR KRČMÁŘ *Historie operačního systému GNU/Linux* 2010 http://www.root.cz/texty/historie-operacniho-systemu-gnulinux/

WIKIPEDIE OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE *Linux* Vydavatel, 2013 http://cs.wikipedia.org/wiki/Linux

MIG_ALLEY *Linuxové distribuce* 2011 http://www.abclinuxu.cz/blog/Mig_Alley/2011/2/linuxove-distribuce-2

Matematický popis systémů interagujících částic

Miroslav Hanzelka[1], Václav Rozhoň[2]
[1]Gymnázium Česká Lípa, Žitavská 2969; mirekhanzelka@gmail.com
[2]Gymnázium J. V. Jirsíka, Fráni Šrámka 23, České Budějovice;
vaclavrozhon@gmail.com

Abstrakt

V našem projektu jsme se zabývali popisem systémů interagujících částic (IPS), které lze považovat za zjednodušený model pohybu chodců. Vytvořili jsme vlastní jednoduchý model založený na homogenním markovském procesu. Pomocí matice přechodu daného procesu jsme hledali stacionární řešení a zkoumali jsme hustotní profil systému v závislosti na zvolených parametrech.

1 Úvod

Nejprve se seznámíme s teorií, kterou jsme k popisu modelu použili.

Každý systém interagujících částic (IPS) obsahuje částice, které se pohybují pomocí přeskoků mezi buňkami mřížky $\mathbb{L}$. V naší práci považujeme čas za diskrétní veličinu, přesun částic tedy probíhá po jednotlivých krocích. Pohyb částic je popsán pravděpodobností přeskoku z buňky x do buňky y: $w(x \to y) = \Pr[x \to y | S_{(x)}]$, kde $S_{(x)}$ označuje stav blízkého okolí buňky x. Stav sytému v čase t je dán vektorem $\vec{\eta}_t = (\eta_t(x))_{x \in \mathbb{L}}$, kde $\eta_t(x)$ označuje počet částic v buňce x a čase t. Množinu všech přípustných stavů nazýváme stavový prostor a označujeme ho X. V celém článku očíslujeme stavy z X přirozenými čísly $0, 1, 2 \ldots |X| - 1$.

Cílem zkoumání konkrétního IPS je najít stacionární stav systému, tj. stav, ve kterém již došlo k ustálení pravděpodobnostního rozdělení. Pro naše účely budeme uvažovat pouze takové IPS, kde lze pohyb ve stavovém prostoru označit jako tzv. *markovský proces.*

Definice 1 *Buď* $\{\eta_n, n \in \mathbb{N}_0\}$ *náhodný proces. Potom ho nazýváme markovským, pokud*

$$\Pr[\eta_{n+1} = j | \eta_n = i; \eta_{n-1} = i_{n-1}; \ldots; \eta_0 = i_0] = \Pr[\eta_{n+1} = j | \eta_n = i].$$

To znamená, že pravděpodobnostní rozdělení v čase $n+1$ závisí pouze na stavu v čase n.

Definice 2 *Markovský proces je homogenní právě tehdy, když*

$$\forall n \in \mathbb{N}_0 : \Pr[\eta_{n+1} = j | \eta_n = i] = \Pr[\eta_1 = j | \eta_0 = i] =: p_{ij}.$$

Maticí P rozumíme takovou matici, která obsahuje prvky z definice 2. Nazýváme ji *matice přechodu.*

Pravděpodobností rozdělení na stavovém prostoru X v čase n popíšeme vektorem $\vec{\pi}_n$, jehož prvky jsou dány vztahem $\pi_n(i) = \Pr[\eta_n = i]$. Bez důkazu uvádíme následující větu:

Věta 1 *Buď* $\{\eta_n, n \in \mathbb{N}_0\}$ *homogenní markovský proces. Potom*

$$\vec{\pi}_{n+1} = P^T \vec{\pi}_n = (P^T)^{n+1} \vec{\pi}_0.$$

Známe-li počáteční stav systému, můžeme na základě této věty určit pravděpodobnostní rozdělení v libovolném čase.

Nyní můžeme na základě věty 1 definovat stacionární stav.

Definice 3 *Vektor* $\vec{\pi}$ *je stacionárním řešením markovského procesu právě tehdy, když*

$$\vec{\pi} = P^T \vec{\pi}. \tag{1}$$

Ekvivalentně můžeme stacionární řešení za jistých předpokladů[1] určit limitou $\pi(j) = \lim_{n \to +\infty} \pi_n(j)$.

2 Konkrétní model

2.1 Popis modelu

Zvolili jsme totálně asymetrický vylučovací model na jednorozměrné lineární mřížce s periodickými okrajovými podmínkami. Tři částice se tedy pohybují v šesti buňkách uspořádaných pouze v jednom směru a v každé z buněk se může v daném čase vyskytovat nejvýše jedna částice – tím říkáme, že $\eta_n(x) \in \{0, 1\}$. Částice se v mřížce pohybují podle následujících pravidel:

- Pohyb částic se vyhodnocuje paralelně.
- Pokud je částice na pozici i a pozice $i+1 \mod 6$ je volná, přeskočí do ní s pravděpodobností p_i.
- Pokud je pozice $i+1 \mod 6$ obsazená a $i+2 \mod 6$ volná, přeskočí do druhé jmenované s pravděpodobností αp_i, kde $\alpha \in \langle 0; 1 \rangle$.[2]
- Pokud by měly dvě částice skočit na stejnou pozici, vybere se náhodně jedna z nich.

Předtím, než začneme sestavovat matici, určíme pravděpodobnost přechodu z konfliktního stavu $\eta_n(i) = 1$, $\eta_n(i+1) = 1$, $\eta_n(i+2) = 0$, který pro jednoduchost označíme 110, do stavů 101 a 011. Pravděpodobnost $w(110 \to 101)$ je dána vztahem $a_i = p_{i+1}\left(1 - \frac{\alpha p_i}{2}\right)$ a pravděpodobnost $w(110 \to 011) = b_i = \alpha p_i \left(1 - \frac{p_{i+1}}{2}\right)$.

Stavový prostor má $|X| = \binom{6}{3} = 20$ stavů. Matice přechodu má tedy rozměry 20×20 a obsahuje velký počet nulových prvků, takže bylo možné sestavit ji bez využití počítače. Z důvodu úspory místa zde matici neuvádíme celou. Pro ilustraci předkládáme jeden řádek matice s vynecháním nul v tabulce 1, kde jsme použili zkrácený zápis $q_i = 1 - p_i$, $c_i = 1 - a_i - b_i$.

[1] Nerozložitelný Markovův řetězec se všemi trvalými a nenulovými stavy.

[2] V dalším textu budeme pro zjednodušení zápis pomocí modulo vynechávat.

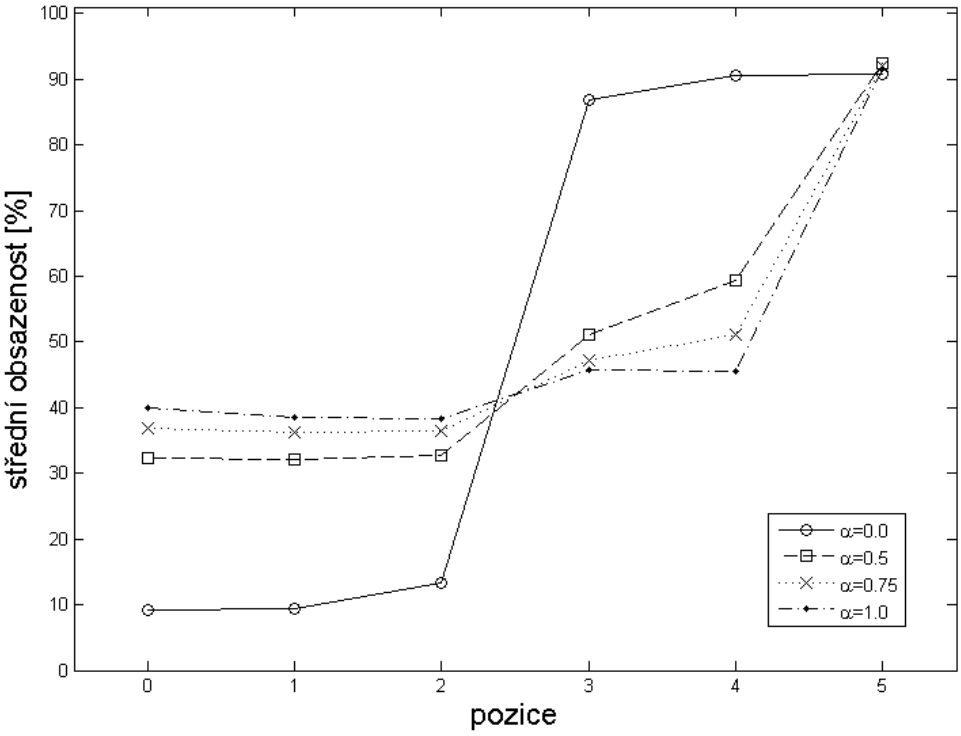
	011100	110100	110010	011010	101100	101010
110100	b_0q_3	c_0q_3	c_0p_3	b_0p_3	a_0q_3	a_0p_3

Tabulka 1: Nenulové pravděpodobnosti přechodů ze stavu 110100.

2.2 Stacionární řešení a hustotní profil

Stacionární řešení výše popsaného modelu jsme hledali na základě rovnice 1 v prostředí programu MATLAB pro zvolené parametry. Ty jsme volili tak, aby bylo možné model v prvním přiblížení interpretovat jako pohyb chodců. Výsledek každé simulace byl hustotní profil, který definujeme jako vektor $\vec{\rho}$, jehož složky jsou určeny vztahem $\rho(i) = \sum_{\eta \in X} \eta(i)\vec{\pi}(\eta)$. Jedná se vlastně o střední hodnotu obsazenosti dané buňky.

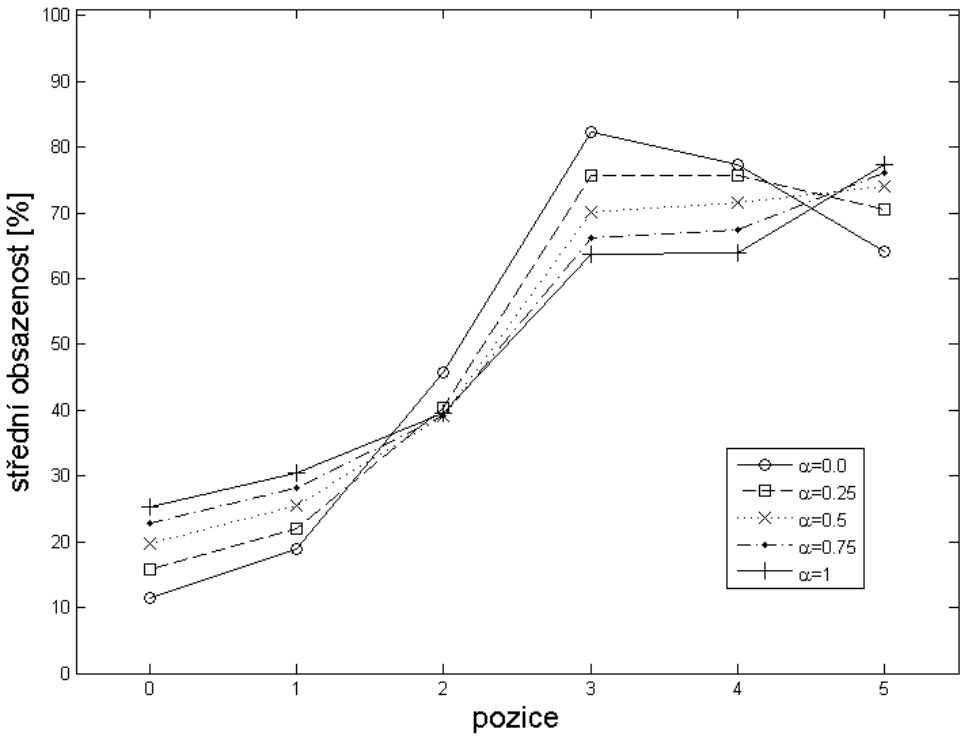
V první sadě parametrů jsme jednu z pravděpodobností, konkrétně p_5, nastavili velmi nízkou, což můžeme interpretovat jako zúžení, kterým chodci nemohou procházet příliš rychle. Studovali jsme změnu hustotního profilu v závislosti na parametru α – ten lze v rámci interpretace považovat za agresivitu chodců. Výsledky jsou vyneseny v grafu 1.



Graf 1: Hustotní profil s pravděpodobnostmi $p_i = 0,5$ pro $i \in 0,1,2,3,4$ a $p_5 = 0,05$.

V dalším pokusu jsme zafixovali hodnotu $\alpha = 0,5$ a měnili jsme pouze sílu bariéry, tj. hodnotu pravděpodobnosti p_5. Hustotní profil s rostoucí sílou bariéry prudce rostl směrem k této bariéře, což odpovídá skutečnosti, že se částice před zábranou hromadí.

Poslední konfigurace parametrů měla představovat zužující se průchod – pravděpodobnost přechodu z buněk s vyšším pořadovým číslem postupně klesala. Opět jsme sledovali závislost hustotního profilu na α, jak znázorňuje graf 2.



Graf 2: Hustotní profil s pravděpodobnostmi $p_i = 0,6 - 0,1i$.

3 Diskuse a závěr

Výsledky obou simulací souhlasí s intuitivními předpoklady. V prvním případě se pro $\alpha = 0,0$ částice nahromadily před bariérou, což vedlo k snížení hustoty v buňkách 0, 1 a 2. Se zvyšující se hodnotou α se hustota v buňkách 3 a 4 snížila na úkor buněk 0, 1 a 2, což představuje zkrácení fronty v důsledku zvýšené agresivity chodců. Buňka 5 zůstává stále stejně frekventovaná.

V druhém případě se pro nulovou možnost přeskoku vytvoří fronta, kterou poslední částice s velmi malou pravděpodobností opustí, zatímco nové částice přichází do fronty s větší pravděpodobností. S rostoucí hodnotou α mohou blokované částice snáze přeskakovat a hustotní profil se tak přibližuje lineárnímu růstu, což odpovídá lineárnímu poklesu pravděpodobností p_i.

Výsledky ukazují, že i na základě velmi jednoduchého modelu lze dospět k závěrům, které zhruba odpovídají reálnému chování davu.

Poděkování

Na prvním místě bychom chtěli poděkovat Pavlu Hrabákovi, garantovi našeho projektu, za konzultace a výpomoc při realizaci naší práce. Děkujeme taktéž FJFI ČVUT v Praze a organizátorům Týdne vědy, kteří nám umožnili na tomto projektu pracovat.

Reference

[1] Z. Prášková, P. Lachout. *Základy náhodných procesů*. Praha: Karolinum, 1998.

Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

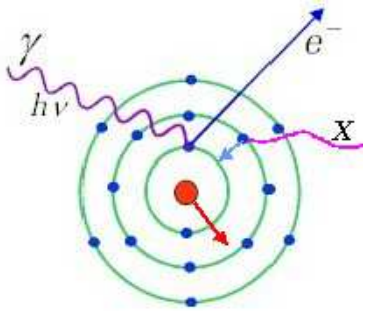
1. Adam Antoš Gymnázium Plasy adam.antos.x@seznam.cz
2. Anna Červenková Gymnázium Sokolov a KVC Ancervenkova@gmail.cz
3.Zdeněk Sháněl, Gymnázium Dr. Emila Holuba, zdenek.shanel@seznam.cz

Abstrakt:

Naším úkolem bylo seznámit s Rentgenfluorescenční analýzou, nedestruktivní metodou zjišťující prvkové složení vzorků. Tato metoda má široké využití v různých typech oborů. Naším cílem bylo naučit se metodu používat k měření kvalitativního a kvantitativního prvkového složení vzorku.

1 Úvod

Rentgenfluorescenční analýza je nedestruktivní metoda založená na fotoelektrickém jevu. Při dopadu fotonu (budící částice) na atom dochází k uvolnění elektronu z vnitřních slupek atomu, pro účely analytického měření se využívají hladiny K, L. Volné místo je zaplněno elektronem z vnější slupky(viz obr.1) a dochází k vyzáření energetického rozdílu hladin ve formě charakteristického záření. Toto záření lze změřit a podle spektra určit prvkové složení vzorku.



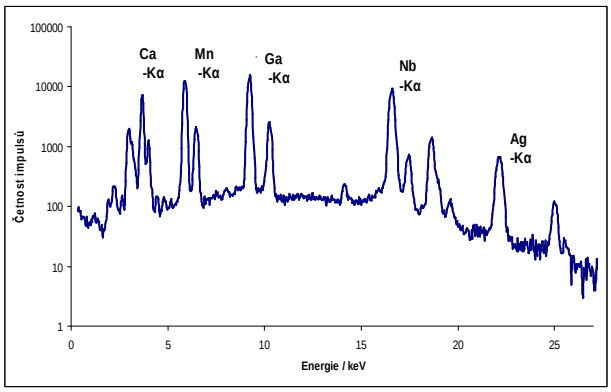
Obr. 1

2 Materiály a metody

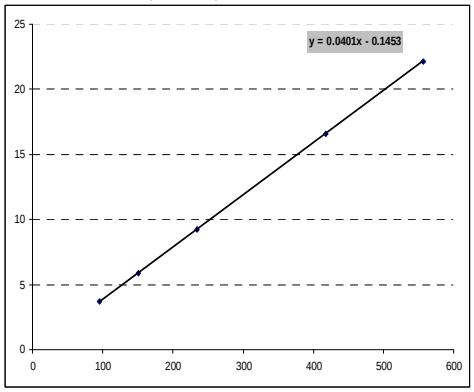
Měřící aparatura se skládá z rentgenky, Si-PIN detektoru a držáku na vzorky, toto celé musí být odstíněno, aby nedocházelo k nežádoucímu ozáření pracovníků. Napětí na rentgence bylo 30 kV a proud se pohyboval v rozmezí 0,5-1 µm. Výsledky jsou zaznamenávány pomocí spektrometrického detektoru ionizujícího záření (Si-PIN detektoru).

Před započetím každého nového měření by se měla provádět energetická kalibrace. K provedení kalibrace potřebujeme vzorky se známým prvkovým složením nebo kalibrační destičku. My jsme využili standardy jednotlivých prvků a to Ca, Mn, Ga, Nb, Ag (obr.2).

V tabulkách jsme vyhledali energie charakteristického záření těchto prvku a přiřadili jsme je k jednotlivým maximům a tak nám vznikla kalibrační rovnice (obr.3)



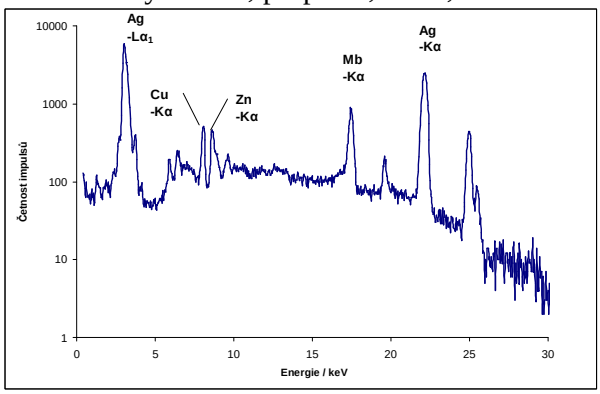
Obr.2



Obr.3

3 Výsledky

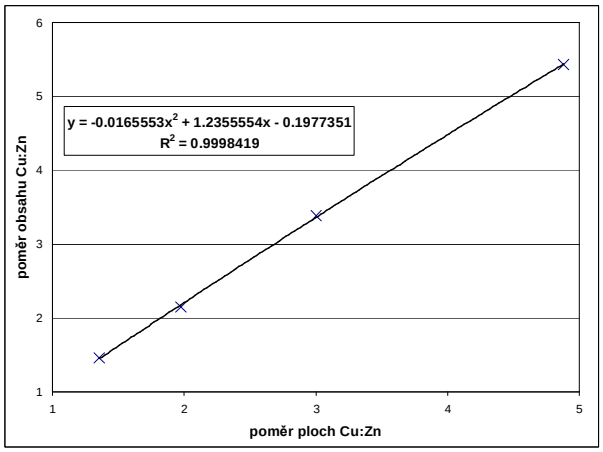
Po energetické kalibraci jsme schopni začít měřit i vzorky s neznámým složením. Pro naše testování jsme vybrali stříbrný řetízek, propisku, fotku, odznáček a šroubovák.

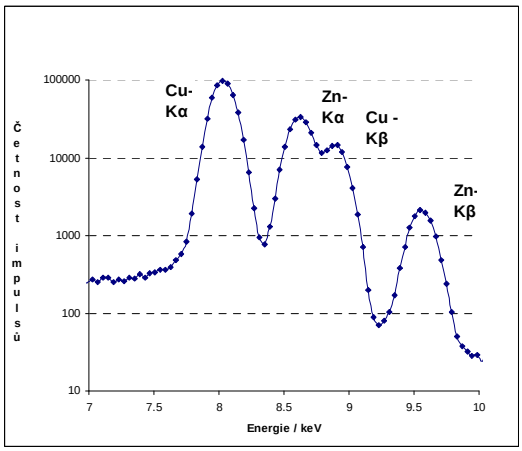


Obr.4

Ze vzorků uvádíme příklad naměřeného spektra stříbrného řetízku (viz Obr.4). Z něj je patrné, že obsahuje velké množství stříbra, ale nachází se v něm i měď (Cu), zinek (Zn), což je běžné složení stříbrných šperků. Též se ve spektru objevuje pík molybden (Mb), který pochází z rentgenky a pík argonu (Ar), jenž je přítomen ve vzduchu.

Dále jsme se pokusili udělat kvalitativní a kvantitativní analýzu dvacetikorunové mince.





Obr.5 Obr.6

Nejprve jsme si na stránkách České národní banky našly oficiální složení 20 korunové mince vyrobené před rokem 1993. Pro výpočet obsahu Cu a Zn je nejprve nutné sestrojit kalibrační rovnici, která udává vztah mezi poměrem složení Cu:Zn a poměrem ploch píků Cu:Zn. K sestrojení kalibrační křivky jsme použili standardy mosazi, u nichž známe obsah Cu a Zn a změřili jsme plochy píků (viz Obr.5) Ze spektra 20ti koruny (Obr.6) jsme určili poměr ploch píků a dosadili ho do rovnice na Obr.5 a získali tak obsah Cu a Zn. Výrobce deklaruje, že složení 20ti koruny je 750 dílů Cu a 250 dílů Zn. Nám vyšlo 770:230 dílů Cu:Zn. Tato nepřesnost může být způsobená fitováním spektra nebo opotřebením tenké vrstvy Cu a Zn na kovovém jádře mince.

4 Závěr

Seznámili jsme se s používáním aparatury pro rentgenfluorescenčním analýzu a naměřili jsme si několik vzorků, u nichž jsme buď znali chemické složení nebo ne a na základě analýzy spekter jsme určovali jejich prvkové složení. Též jsme změřit a vypočetli množství Cu a Zn ve 20ti koruně a došli jsme k dobré shodě s deklarovanými hodnotami.

Poděkování

V první řadě děkujeme supervizorovi Ing. Jiřímu Martinčíkovi za pomoc, rady během projektu a vtipný přístup. Dále panu Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a v neposlední ředě FJFI ČVUT v Praze za uspořádání Týdne vědy na Jaderce.

Termoluminiscenční dozimetrie

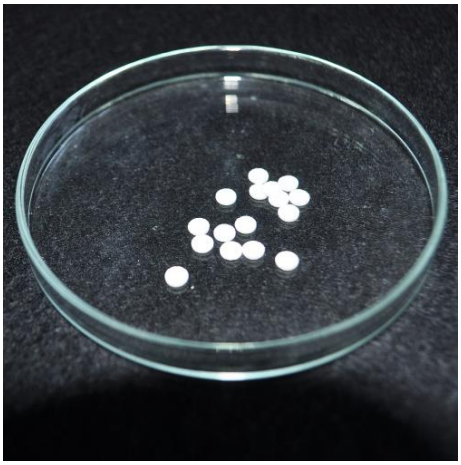
Lukáš Bejček, Podkrušnohorské gymnázium, Most,
bejkyl@gmail.com,
Jiří DeCastello, Podkrušnohorské gymn., Most,
jiri.dekastello@beham.cz,
Matouš Kasal, Podkrušnohorské gymn., Most,
kasal.matous@seznam.cz,
Jan Hevera, SPŠ Strojní a elektrotechnická, České Budějovice,
Hevera.J@seznam.cz,

Abstrakt:

V miniprojektu jsme se zabývali termoluminiscenční dozimetrií. Po seznámení se základními principy termoluminiscenční dozimetrie jsme ozářili dozimetry typu TLD-1000. Dále jsme pomocí TLD Readeru získali TL odezvu ozářených dozimetrů. Na základě naměřených hodnot jsme určili kalibrační křivku, pomocí které jsme následně určili dávku neznámě ozářené skupiny dozimetrů.

1 Úvod

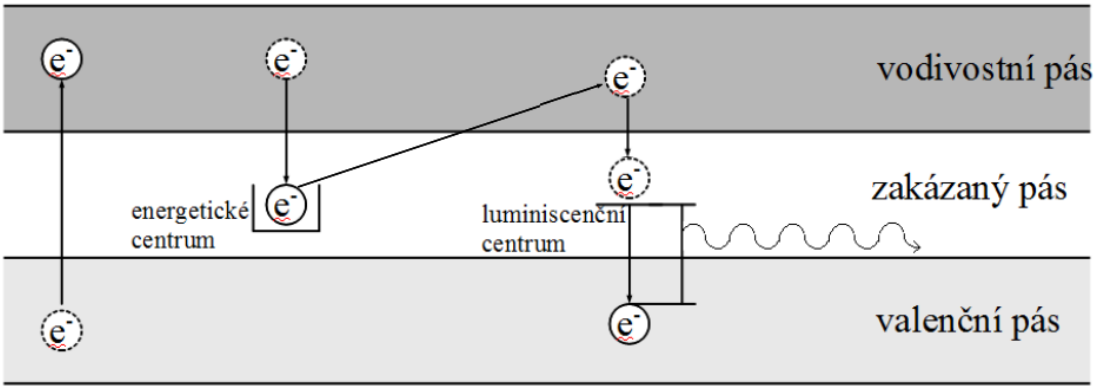
Cílem práce bylo se seznámit s principem termoluminiscenční dozimetrie. Tato metoda se používá v různých aplikacích např. osobní dozimetrie, dozimetrie pracovního prostředí, lékařské aplikace (diagnostika i terapie) nebo datování archeologických nálezů. Seznámili jsme se s principem kalibrace a zjistili jsme dávku neznámě ozářeného dozimetru.



Obrázek 1: dozimetry TLD-1000

2 Teorie

Termoluminiscenční dozimetrie je založena na principu excitace elektronů z valenčního pásma. K tomuto jevu dochází u některých látek, jsou-li vystaveny ionizujícímu záření. Toto záření zapříčiní přechod elektronů do vodivostního pásma. Při přechodu zpět do hladin s nižší energií (valenční pás) se některé elektrony zachytí v energetické pasti. Počet elektronů v pastech je přímo úměrný obdrženému záření. Těmto elektronům je nutno dodat energii (např. ve formě tepla), aby se opět dostaly do vodivostního pásu, z kterého se pak zachycují v luminiscenčních pastech a při návratu do valenčního pásu vydávají energii v podobě fotonů.



Obrázek 2: pásový model pevných látek

Fotony jsou zachyceny ve fotonásobiči, který se skládá z fotokatody a elektrod s postupně zvyšujícím se napětím. Při dopadu fotonu na fotokatodu je vyražen elektron, který je přitahován k první elektrodě fotonásobiče. Na dalších elektrodách dochází k postupnému násobení počtu elektronů a jejich energií. Tento tok je zaznamenáván na výstupu fotonásobiče a následně zpracováván počítačem. Počet vyražených elektronů je přímo úměrný počtu fotonů, které dopadají na fotokatodu.

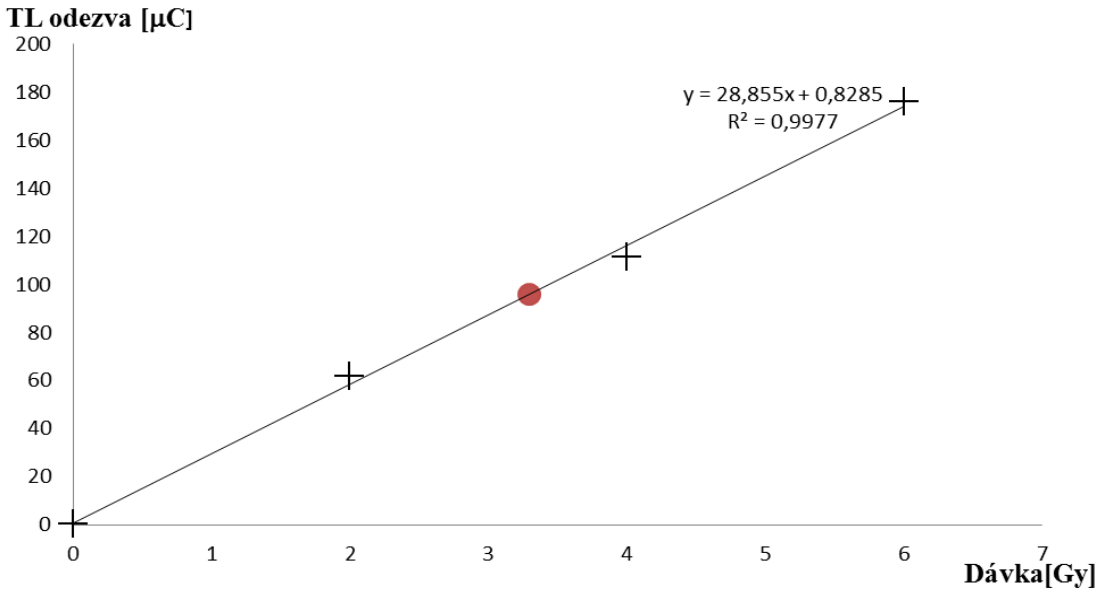
3 Použité přístroje

Používali jsme dozimetry typu TLD-1000 (LiF s příměsí Mg a Ti). K ozáření jsme použili přístroj GammaCell 220 (^{60}Co) s dávkovým příkonem 43,5 Gy/hod. Celkový elektrický náboj byl zaznamenán přístrojem Harshaw model 3500 manual TLD Reader, který byl napojen na počítač se softwarem WinREMS.

Obrázek 3: GammaCell 220 a TLD Reader

4 Postup a výsledky

Dostali jsme k dispozici pět skupin dozimetrů po sedmi kusech. Jednu skupinu jsme nechali neozářenou (ozářena pouze přírodním pozadím), tři skupiny jsme ozářili po dávkách 2, 4 a 6 Gy na přístroji GammaCell 220. Poslední skupina byla ozářena neznámou dávkou. Dávka je úměrná době, po kterou byl dozimetr ozařován. Následně jsme dozimetry vyhodnotili na TLD Readeru s příslušným nastavením pro tento typ dozimetru. Důležitou veličinou pro zpracování byla celková plocha pod TL křivkou vyjadřující náboj na výstupu z TLD readeru. Hodnoty elektrického náboje jsme statisticky zpracovali, z průměrných odezev ze čtyř sad ozářených dávkou 2, 4, 6 Gy jsme určili kalibrační křivku, viz. Obrázek 4.



Obrázek 4: Kalibrační křivka

Na základě této kalibrační křivky a průměrné TL odezvy jsme určili dávku, kterou byla ozářena pátá skupina dozimetrů – D = 3,29±0,15 Gy, tj. relativní chyba 4,6 %.

Poděkování

Děkujeme supervizorovi Ing. Tomáši Urbanovi za nám věnovaný čas a ochotu. Také děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za pořádání Týdne vědy.

Reference:

[1] HOROWITZ Y.S. (Ed): Thermoluminescence and Thermoluminescent dosimetry, Boca Raton, CRC Press 1984

[2] MUSÍLEK L., ŠEDA J., TROUSIL J.: Dozimetrie ionizujícího záření (Integrující metody), ČVUT 1992

Jak poznat dávku z barvy gelu

Daniel Drnec, Gymnázium Česká a ON, České Budějovice,
Nikola Vohralíková, Gymnázium Dr. Emila Holuba, Holice
Radek Chmelař, Gymnázium Třebíč, Třebíč
dandrnec@gmail.com, Vohralikova.N@seznam.cz,
radekch97@seznam.cz

Abstrakt:
Cílem naší práce bylo seznámení se s Frickeho gelovým dozimetrem s xylenolovou oranží a provedení experimentu, při kterém jsme dozimetr ozařovali a následně pozorovali změnu barvy v závislosti na dávce ionizujícího záření.

1 Úvod

Gelové dozimetry patří mezi integrální chemické dozimetry, které měří souhrnnou dávku za určitý časový interval. Díky možnosti 3D vyhodnocení najdou uplatnění například při kontrole ozařovacích plánů v radioterapii. Využívají se především dva typy gelových dozimetrů, a to polymerní a radiochromní. Naším úkolem v tomto miniprojektu bylo připravit radiochromní Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží. Principem tohoto dozimetru je radiační oxidace železnatých iontů na železité, které reagují s xylenolovou oranží za vzniku barevných komplexů.

2 Experiment

2.1 Příprava dozimetru

K přípravě dozimetru bylo použito 2,5 mM xylenolové oranže, 1 mM Mohrovy soli, 50 mM kyseliny sírové a 10% roztok želatiny. Všechny tyto složky byly smíchány, rozlity do osmi kyvetek a následně dány na cca 15 minut do chladničky.

2.2 Ozáření

Po ztuhnutí byly vzorky ozářeny pomocí kobaltového ozařovače Gammacell 220 o dávkovém příkonu cca 60 Gy/hod. Před ozařováním byl odebrán jeden vzorek pro porovnání původní barvy. Dalších sedm kyvet bylo ozařováno a následně odebíráno v intervalu 4 min, přičemž jedna byla ozařována neznámou dobu. Díky odlišným časovým intervalům byly kyvety vystaveny různým dávkám, a to: 4 Gy, 8 Gy, 12 Gy, 16 Gy, 20 Gy a 24 Gy.

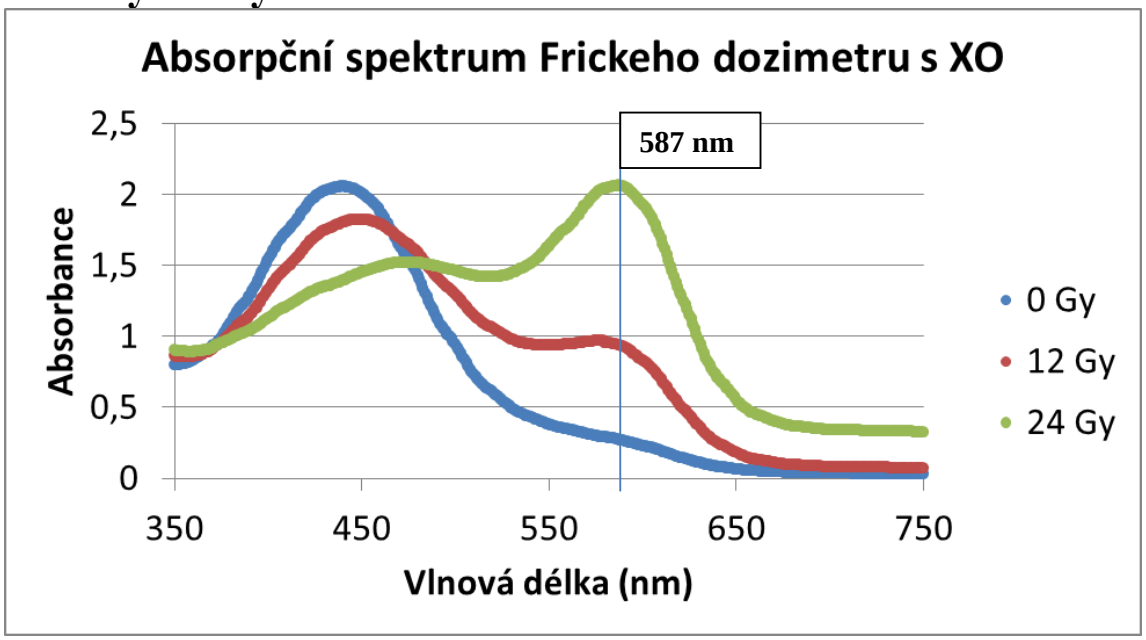
2.3 Měření

Další fází bylo měření absorbance vzorků na spektrometru Helios Beta. Absorbance A, též optická hustota, je definována jako

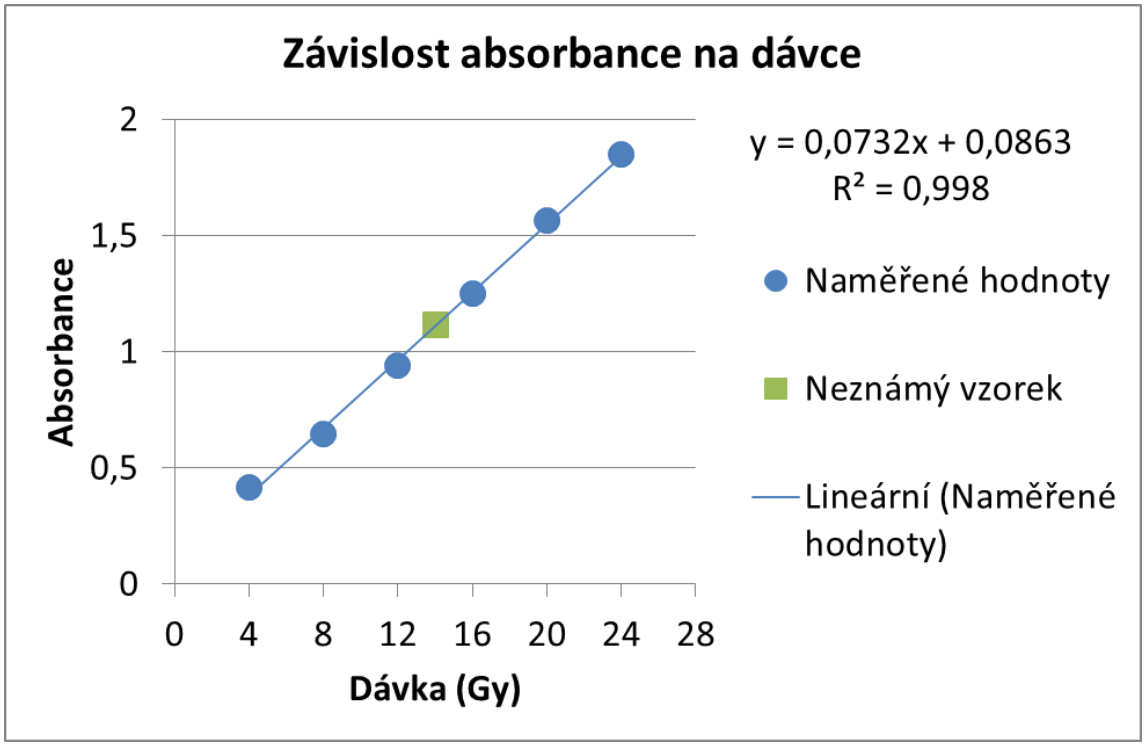
$$A_\lambda = log_{10}\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

Kde je I_0 počáteční intenzita a I intenzita světla určité vlnové délky λ, které prošlo daným vzorkem. Nejprve byla naměřena absorbance vody, která byla stanovena jako nulová hodnota pozadí. Poté byla naměřena absorbance vzorků s dávkami 12 Gy, 24 Gy a počáteční vzorek, který nebyl ozářen. Výsledné hodnoty byly vyneseny do grafů.

2.4 Výsledky



Z prvního zobrazeného grafu byla určena referenční vlnová délka λ = 587 nm, při níž byla následně měřena absorbance všech osmi vzorků. Ze získaných hodnot byl vytvořen graf, následně byly hodnoty proloženy přímkou o rovnici y = 0,0732x + 0,0863. Z té jsme určili dávku neznámého vzorku cca 14 Gy. Nulová hodnota byla v grafu vynechána, protože do cca 4 Gy není nárůst absorbance lineární.



3 Shrnutí

Vytvořili jsme Frickeho gelový dozimetr s xylenovou oranží a pozorovali jeho vlastnosti, konkrétně změnu barvy, po ozáření dávkami 4 - 24 Gy za použití absorpčního spektrometru. Následně jsme si ověřili lineární nárůst absorpce v tomto rozsahu a určili hodnotu dávky neznámého vzorku. Výsledky splnily naše očekávání a cíle.

Poděkování

Děkujeme naší supervizorce Ing. Kateřině Vávrů, dále Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. a celému organizačnímu týmu za uspořádání Týdne vědy 2013.

Reference:

Měření dávky gelovými dozimetry. In: [online]. 2009 [cit. 2013-06-18]. Dostupné z: http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2009/cd/prispevky/pres/gely.pdf

Jak poznat dávku z barvy gelu. In: [online]. 2012 [cit. 2013-06-18]. Dostupné z: http://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/2012/cd/prispevky/sbpdf/gely.pdf

Měření měrného náboje elektronu

T.Vicek, SPŠSE Dukelská 13, České Budějovice
tomvicek2@seznam.cz
T. Vymazal, RG a ZŠ Prostějov, Studentská 2
vyma.96@gmail.com

Abstrakt:

Jednou z často používaných fyzikálních konstant je měrný náboj elektronu, jehož běžně udávaná hodnota je $e/m = 1{,}758820088 \cdot 10^{11} \pm 39 \cdot 10^{2}$ C/kg [1]. Naším cílem bylo tento údaj změřit. Pro změření této hodnoty jsme použili měření v příčném magnetickém poli. Výsledek měření v příčném magnetickém poli se rovnal $e/m = (185 \pm 3) \cdot 10^{9}$ C/kg.

1 Úvod

Pokus měření měrného náboje elektronu provedl prvně Joseph John Thomson. Tenhle britský fyzik a nositel Nobelovy ceny zkoumal stejně jako my poměr mezi nábojem elektronu a hmotností elektronu. Vycházeli jsme ze silového působení magnetického pole na pohyb elektronů, které je popsáno Lorentzovou silou.

2 Měření

Pomůcky

K pokusu je zapotřebí zdroj elektrického proudu připojeného k cívkám, zdroj napětí pro katodu a další zdroj pro urychlování elektronů, voltmetr měřící urychlovací napětí a ampérmetr připojený k cívkám. Vzduchotěsná baňka je naplněná vzácným plynem. V baňce se nachází katoda, která emituje elektrony. K pokusu je dále zapotřebí dvou cívek, které vytváří v baňce magnetické pole kolmé na směr elektronů vylétajících z katody. Celá aparatura je vidět na Obr. 1.

Princip a postup

Při pokusu se zjišťovala trajektorie elektronů v závislosti na urychlovacím napětí a proudu v cívkách. Z praktických důvodu, jsme zvolili kruhovou trajektorii, u které jsme měřili její průměr. Ze vzorce pro Lorentzovu sílu

$$\overrightarrow{F_{mg}} = -e\ (\vec{v} \times \vec{B}) \tag{1}$$

vyplývá, že pokud chceme aby byla trajektorie elektronů v jedné rovině musí být vektor jejich rychlosti kolmý na vektor magnetické indukce. Lorentzova síla se projevuje jako dostředivá, takže platí následující rovnost (2).

$$\frac{mv^2}{r} = veB \tag{2}$$

Porovnáním kinetické a elektrické práce dostaneme rovnost (3)

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \tag{3}$$

Použitím vztahu (2) a (3) dostaneme vzorec výpočtu měrného náboje elektronu.

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2B^2} \tag{4}$$

Pro magnetické pole generované cívkami platí

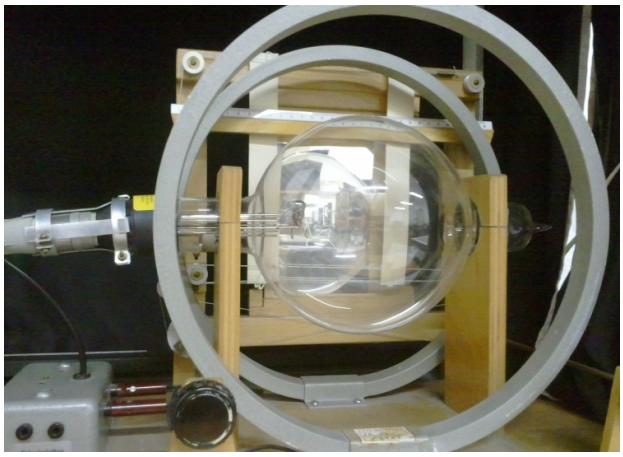
$$B = kI \tag{5}$$

Kde k je parametrem cívek v našem případě se rovná k = $0{,}781 \cdot 10^{-3}$ T/A

Výsledný měrný náboj jsme vypočítali ze vzorce (6)

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2k^2I^2} \tag{6}$$

Kde U je urychlovací napětí změřené voltmetrem, I je proud procházející cívkami, r je poloměr kruhu trajektorie proudu elektronů.[2]



Obr. 1: Baňka s cívkami

Měření	U [V]	I [A]	2r [cm]	e/m [C/kg]
1	100	1,00	8,0	2,049E+11
2	120	1,00	9,1	1,901E+11
3	120	0,75	12,3	1,849E+11
4	140	1,25	7,9	1,883E+11
5	150	1,25	8,5	1,743E+11
6	160	1,25	8,6	1,816E+11
7	160	1,50	7,1	1,850E+11
8	180	1,50	7,6	1,817E+11
9	180	1,25	9,0	1,865E+11
10	180	1,00	11,7	1,725E+11

Tab. 1:Naměřené hodnoty v příčném magnetickém poli

Výsledná naměřená hodnota $1{,}85 \cdot 10^{11} \pm 0{,}03 \cdot 10^{11}$ C/kg

3 Závěr

Naše výsledná hodnota měrného náboje elektronu naměřena v kolmém magnetickém poli je $(1{,}85 \cdot 10^{11} \pm 0{,}03 \cdot 10^{11})$ C/kg. Pro porovnání skutečný měrný náboj elektronu je $e/m = 1{,}758820088 \cdot 10^{11} \pm 39 \cdot 10^{2}$ C/kg [1]. A tedy naše odchylka je přibližně 4,9%.

Tato odchylka je způsobena nepřesným měřením průměru trajektorie elektronů a nepřesností přístrojů.

Poděkování

-Našemu supervizorovi Otu Kukralovi

-Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT

Reference:

[1] WIKIPEDIA *Mass-to-charge* online [cit.18.6.2013]

<https://en.wikipedia.org/wiki/Mass-to-charge_ratio>

[2] NÁVOD K ÚLOZE [cit.18.6.2013]

<http://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/425/mod_resource/content/1/12a-edm.pdf>

Řezání CO_2 laserem

Jakub Smrček, Michal Martinek, Jiří Marek, Jaroslav Dobrý
Gymnázium Na Pražačce, Praha
Gymnázium Havířov - Podlesí
Gymnázium Česká Lípa
Podkrušnohorské gymnázium, Most

Smrcek.j@seznam.cz
Martinek8@gmail.com
Jiri.Marek.nb@volny.cz
jaroslav.dobry@email.cz

Abstrakt:

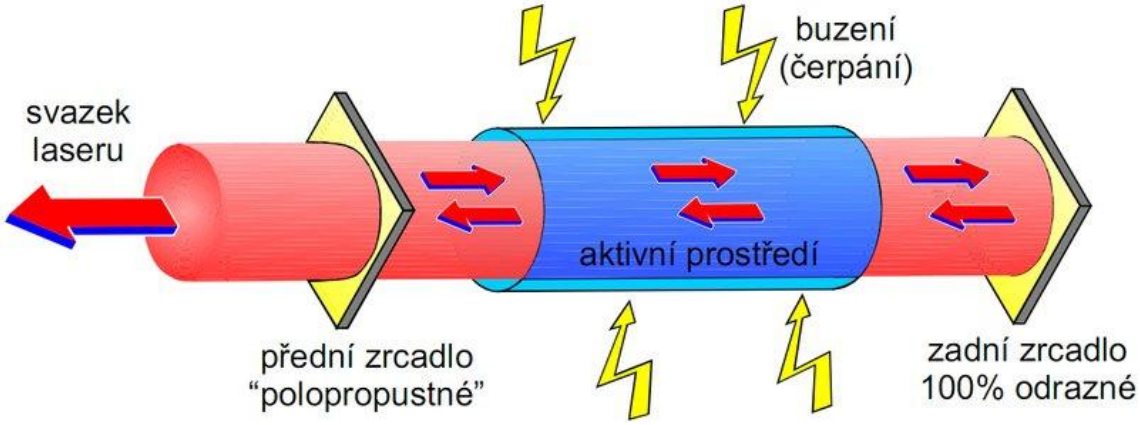
Tento projekt se zaměřuje na návrh a tvorbu souborů souřadnic v softwarovém nástroji CorelDRAW X3 použitelném jako instrukce pro řídící počítač laserového zařízení pro vykreslení, resp. řezání obrazu na dřevěném materiálu (třívrstvová překližka o tloušťce 4 mm) vyzařováním energetického paprsku. Autoři k tvorbě obrazu použili laser na bázi aktivního prostředí CO_2 molekul s laserovou hlavicí Synrad 57-1 (maximální výkon 100 W). Autoři dokázali, že úspěšná obsluha laserového zařízení nevyžaduje předchozích znalostí a vytvořili laserovým zařízením několik vzorků.

1 Úvod

Nejprve je nutné představit laserové zařízení. Laser vyzařuje úzký proud fotonů o vysokých energiích. Takto vytvořený paprsek má dostatečnou energii na způsobení okamžité změny teploty v bodě dopadu na povrchu hmotného materiálu a způsobit tak případnou deformaci tělesa. Toho se využívá v celé řadě oblastí od průmyslu po zdravotnictví. Autoři měli za cíl proniknout do rychle se rozvíjející problematiky ovlivňující náš každodenní život.

2 Teoretický úvod do funkce laseru

Slovo laser je akronymem pro *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, tedy *zesílení světla pomocí stimulované emise záření*. Laserová zařízení moderního typu se dají kategorizovat mj. dle typu aktivního prostředí od pevnolátkových (např. Nd:YAG), diodových (GaAs), kapalinových (rhodamin) po plynové, které se dále dělí na atomární (He-Ne), iontové (Ar), excimerové (ArO) a molekulární (CO_2).



Obrázek 1: schéma trubice laseru. Zdroj: lao.cz

V principu je aktivní prostředí ozařováno externím zdrojem fotonů (budičem) s cílem excitace částic aktivního prostředí. Okamžitě dochází k samovolné emisi; k vyzařování paprsků excitovanými částicemi ve snaze snížit svůj energetický stav na základní hladinu. Pro docílení stimulované emise je třeba dopadajícího fotonu o stejné energii (frekvenci) jako je rozdíl energetické hladiny excitované částice a její základní hladiny. Takto emitovaný paprsek má stejnou vlnovou délku (jedná se o světlo monochromatické), směr (koherentní) a fázi jako paprsek dopadající se kterým interferuje a dochází ke vzniku maxima. Pro vytvoření paprsku vysoké energie je třeba, aby většina částic trubice byla excitována a převládala tak stimulovaná emise nad emisí spontánní. Tuto podmínku zajišťuje optický rezonátor (dvojice předního a zadního zrcadla na koncích trubice, viz obr. 1), který odráží dopadající záření zpět do trubice, kde může znovu vyvolávat stimulovanou emisi.

Při výměně jednoho z nepropustných zrcadel optického rezonátoru za zrcadlo polopropustné dojde k úniku části fotonů z trubice do okolí. Trajektorie paprsku se dá, za cenu energetických ztrát, optickou soustavou (zrcadly) po opuštění trubice měnit, stejně jako míra soustředění záření do jednotného bodu (čočky), která určuje přesnost laseru. Takto vytvořený paprsek má dostatečnou energii na způsobení okamžité změny teploty v místě dopadu na povrchu dopadajícího materiálu a způsobit tak případnou deformaci tělesa.

Nedílnou součástí moderních laserových systémů je řídící počítač, který pomocí softwarového řešení nastavuje všechny volitelné možnosti laserového zařízení.

[J. S.]

3 Aplikace

Využití laserů můžeme rozdělit do několika kategorií;

Bezpečnostní systémy – Fungují na principu optické brány. Pokud se přeruší paprsek mezi zdrojem laserového záření a snímačem aktivuje se alarm.

Laserová spektrometrie – Paprsek laseru projde určitou látkou a poté podle uvolněného záření lze zjistit zastoupení jednotlivých prvků.

V medicíně mají lasery široké využití. Velmi často se využívají k operaci očí nebo CO_2 lasery jako chirurgický nůž. Největšími přednostmi jsou vysoká přesnost zákroků a vysoký výkon svazku.

Lasery se používají k řezání, svařování, vrtání především pro přesnost a rychlost zákroku jelikož paprsek velmi rychle taví materiál.

[J. M.]

4 Obsluha laserového systému

Laserový systém sestává ze stacionární laserové trubice a optické soustavy, která mění trajektorii paprsku vyzářeného z trubice. Optická soustava je umístěna na krokovacích motorech a je složená ze dvou nepropustných zrcadel a čočky, jejíž funkcí je fokusace. Motory zajišťují pohyb optické soustavy nad ozařovaným materiálem a umožňují tak měnit bod dopadu paprsku na povrchu materiálu podle instrukcí řídícího počítače s operačním systémem Windows. Seznam bodů dopadu se řídícímu počítači předávají, v případě autorů z externího počítače, v souboru formátu PLT obsahujícím souřadnice XY s počátkem v klidové poloze laserového systému. Autoři použili k tvorbě PLT souborů grafický nástroj CorelDRAW X3, z důvodu formátování souborů kompatibilního pro řídící počítač (např. konkurenční software (např. AutoCAD) formátují souřadnice v PLT souborech odlišně od CorelDRAW X3 do řádků). Software řídícího počítače zodpovědný za krokování optické soustavy za účelem změny chodu paprsků vzhledem k ozařovanému materiálu převedením souřadnic z PLT souborů a dalších dat do strojového kódu.

Jelikož autoři neměli předešlou zkušenost s tímto ani s podobnými programy, byli krátce instruováni bývalým doktorandem garanta. Díky intuitivnímu řešení programu nenarazili autoři na komplikace při kreslení chtěného objektu pomocí jednoduchých geometrických tvarů jako např. obdélníků nebo elips. Autoři postupovali za podpory svého instruktora a po kolektivním rozhodnutí o vykreslení loga FJFI překreslili objekt do zmíněného vektorového editoru metodou vložení objektu, který se má vytvořit na pozadí a následného překreslení a poté je třeba obrázek v pozadí odstranit. Pro vykreslení elipsy bez výplně (pouze obrys) je

nutné odečíst od dané elipsy elipsu o menším obvodu a následně sloučit oba objekty, z důvodu nežádoucího rozhození objektů, čímž dojde ke špatnému vykreslení celku.

Návrh tvořili autoři na externím počítači, který nebyl součástí laserového systému, a proto museli exportované soubory přenášet na disketách do řídícího počítače. Tam se PLT soubory otevírali pomocí krokovacího programu Step, kde autoři nastavovali i procentuální část celkového výkonu laserů k použití ke kreslení. Experimentálně autoři určili vhodné hodnoty výkonu pro řezání a různé druhy kreslení:

	Řezání	Kreslení – šedá	Kreslení – černá
Od [v %]	33	4	8
Do [v %]	38	7	13

Během operace nelze měnit užitný výkon laseru, proto se pro každou operaci s rozdílným potřebným výkonem vytváří samostatný PLT soubor.

[M. M.]

5 Závěr

Autoři úspěšně osvojili si práci s grafickým softwarem a obsluhu řídícího počítače laserového zařízení a následně vytvořili 6 vzorků. Autoři experimentálně zjistili ideální hodnoty procentuálního výkonu pro řez a dva druhy popisu.

6 Poděkování

Autoři by rádi poděkovali Českému Vysokému Učení Technickému v Praze a Fakultě Jaderné a Fyzikálně Inženýrské za jejich podporu při Týdnu Vědy. Autoři také děkují svému garantovi, Ing. P. Gavrilovi, za jeho podporu v teoretických znalostech laserové techniky a její praktické obsluhy. V neposlední řadě také Ing. V. Svobodovi za organizaci Týdne Vědy a za jeho nadšení prohloubit vědecké myšlení v řadách studentů středních škol.

7 Reference

[1] LAPŠANSKÁ, H.: *Laserové technologie v praxi* Společná laboratoř optiky, 2010
[2] GAVRILOV, P.: *Úvod do laserové techniky*
[3] BORN, M. - Volf, E.: *Osnovy optiki* Nauka, 1973
[4] EINSTEIN, A.: *Zur Quantentheorie der Strahlung* Mitteilungen der physikalischen Gesellschaft Zürich, 1917

Simulace provozu JE typu VVER – 440

H. Komárková
M. Šašková
Katedra jaderných reaktorů FJFI ČVUT

komarkova.hanka@gmail.com
Monica.Q@seznam.cz

Abstrakt:
Tento článek se zabývá reaktorem typu VVER – 440, jeho primárním a sekundárním okruhem a simulací jeho provozu. Jsou zde z hlediska simulace popsané různé stavy reaktoru, jako je závislost mezi primárním a sekundárním okruhem nebo reakce havarijních systémů.

1 Úvod

Reaktor typu VVER – 440/V213 tlakovodní reaktor ruského typu, který se skládá z primárního a sekundárního okruhu. Tlakovodní reaktory jsou nejčastěji využívané reaktory v jaderných elektrárnách na světě. Typ VVER – 440 je lehkovodní reaktor s výkonem 440 MWe. U nás je využíván v JE Dukovany, kde byl na všech blocích výkon navýšen na 500 MWe.

Pomocí simulátoru je možné napodobit různé situace při řízení bloku elektrárny. Simulátor ovšem nedokáže napodobit situace úplně přesně a může se stát, že v rámci simulace lze dojít na hranice jeho platnosti. V rámci cvičení jsme simulovali několik základních i havarijních situací, jako ovládání výkonu reaktoru a turbogenerátorů nebo havárii na primárním okruhu bez možnosti poškození skutečných zařízení.

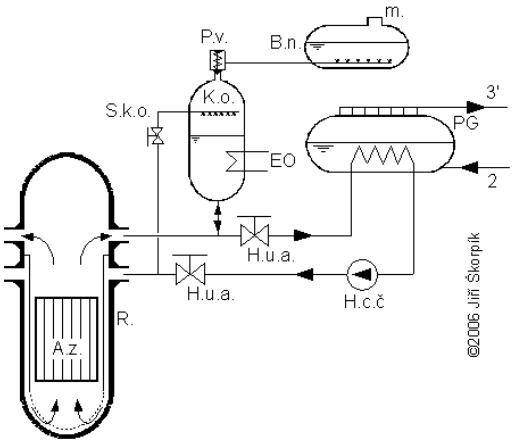
2 Reaktor typu VVER – 440/V213

Primární okruh

Aktivní zóna reaktoru se skládá z 312 palivových kazet a každá z nich je tvořena ze 126 palivových proutků. Tyto palivové proutky jsou tvořeny oxidem uraničitým, který je obohacen uranem 235 až na 5%. V aktivní zóně probíhá štěpná reakce, při které se pomocí tepelných neutronů štěpí jádro uranu. Většinou se atom rozštěpí na dva další atomy a 2 – 3 rychlé neutrony, které je potřeba pomocí moderátoru zpomalit, aby se zvýšila hodnota mikroskopického průřezu. Díky tomu je pravděpodobnost rozštěpení dalšího atomu několikanásobně větší.

Jako moderátor a chladivo aktivní zóny zároveň se používá lehká voda, do které je přidána kyselina boritá (až 6g/kg). Tato voda chladí palivové tyče a odvádí teplo z aktivní zóny. Zahřátá voda se dostane horkou větví do parogenerátoru, kde předá teplo do sekundárního okruhu. Každý reaktor VVER - 440 má 6 horizontálních parogenerátorů, kde se

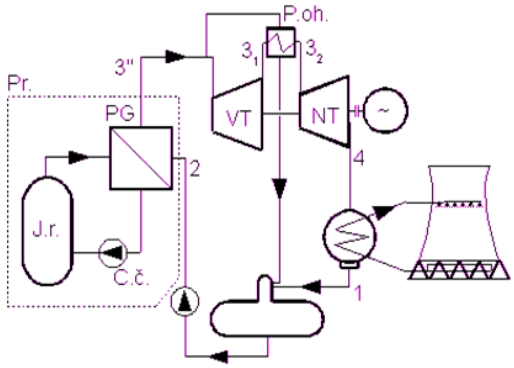
voda, která se v reaktoru zahřála na hodnotu kolem 290 °C, ochladí přibližně o 30°C. Dále je pomocí hlavního cirkulačního čerpadla na studené větvi hnána zpátky do reaktoru, kde se opět ohřeje. Schéma primárního okruhu viz Obr. 1.



Obr. č. 1: Schéma primárního okruhu VVER – 440, [1]

Sekundární okruh

V jaderné elektrárně dochází k transformaci tepelné energie stejným způsobem, jako například v uhelných elektrárnách, pouze zdroj tepla je zde velmi odlišný. Sekundární okruh je tvořen klasickým Rankin – Clausiovým cyklem a technologiemi k němu příslušícími. Voda v parogenerátoru se díky přivedenému teplu z primárního okruhu mění v páru. Ta je nejprve vedena na vysokotlaký díl turbíny, poté je vedena přes separátor vodní páry a přihřáta. Dále expanduje na nízkotlakých dílech turbíny a je vedena do kondenzátoru, kde zkondenzuje. Tento kondenzát je veden přes kondenzátní čerpadlo na systém nízkotlaké regenerace, poté do napájecí nádrže. Z napájecí nádrže je kondenzát nasáván napájecím čerpadlem do vysokotlaké regenerace a přes ni opět do parogenerátoru. Schéma sekundárního okruhu viz obr. č. 2.



Obr. č. 2: Schéma sekundárního okruhu VVER - 440 [1]

3 Simulace provozu

Simulátor

Simulátor je zařízení, které napodobuje chování skutečného reaktoru. Díky němu můžeme sledovat reakce zařízení na různé podněty bez toho, aby bylo nutné využívat skutečné

zařízení. Simulátor má ovšem na rozdíl od skutečného zařízení určité hranice. Může být používán k simulaci různých nehod nebo poškození, které by na skutečné elektrárně způsobily obrovské škody.

Simulace snížení výkonu od primárního okruhu k sekundárnímu

Systém automatické regulace výkonu bloku je nastaven tak, že pokud se sníží výkon v primárním okruhu (výkon reaktoru řízen systémem RCS), výkon turbogenerátoru (řízen systémem TVER) reaguje a také snižuje výkon. Tato vazba je dána tlakem v hlavním parním kolektoru a funguje i naopak. Naše simulace se zabývala řízením sekundárního od primárního.

Simulace začínala nastavením na nominální výkon. Poté byl přepnut TVER turbogenerátor č. 1 do režimu udržujícím tlak v hlavním parním kolektoru a pomocí regulačních kazet se začal snižovat výkon reaktoru. Teplota vody vstupující do reaktoru zůstávala téměř stejná, ovšem kvůli snížení výkonu reaktoru se neohřívala na původní hodnotu, proto její teplota postupně klesala. Tím se snížil i rozdíl teplot a střední teplota chladiva. Na snížení výkonu reaktoru a teploty vody začal reagovat i sekundární okruh snížením výkonu turbogenerátoru č. 1. Výkon druhého turbogenerátoru zůstával stále na poměrně stejné hodnotě (216,0 MW±1,0MW). Tabulka č. 1 jasně znázorňuje změny hodnot.

Tabulka č. 1:

Čas (s)	**0**	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**
Pozice reg. kazet (cm)	190	178,6	170,2	163,4	152,8	146,2	137,4	131,4	119,2	111,4
Výkon reaktoru (%)	100	94,4	88,8	85,8	78,5	75,1	68,4	65,0	57,0	51,7
Výkon turbogen. č. 1 (MW)	224	201	183	164	148	124	103	88	52	33
T_i (°C)	265,6	265,0	265,0	264,7	264,4	264,2	263,8	263,5	263,0	262,7
T_o (°C)	295,5	293,7	292,5	290,9	289,5	287,7	286,2	284,3	281,8	280,4
ΔT (°C)	29,9	28,7	27,5	26,2	25,1	23,5	22,4	20,8	18,8	17,7
$T_{stř}$ (°C)	280,6	279,4	278,8	277,8	277,0	276	275	273,9	272,4	271,6

T_i – teplota vody vstupující do reaktoru; T_o – teplota vody vystupující z reaktoru; ΔT – rozdíl teplot T_i a T_o; $T_{stř}$ – střední teplota vody v reaktoru

Simulace havárie pojistných ventilů kompenzátoru objemu

Kompenzátor objemu je zařízení na primárním okruhu, které v něm pomáhá vyrovnávat změny tlaku a udržovat ho na stabilní hodnotě (12,26 MPa). Skládá se z nádoby kompenzátoru objemu, barbotážní nádrže, pojistných ventilů a ohříváků.

V naší simulaci havárie došlo k otevření pojistných ventilů a pára začala unikat do hermetického prostoru okolo primárního okruhu. V důsledku toho se začal v primárním okruhu snižovat tlak. Nejdříve se zapnuly ohříváky, které se snažily ohřátím vodu odpařit. Vzniklá pára měla vyrovnat snižující se tlak v primárním okruhu, únik byl ale příliš velký. Po nějaké době se zapnuly havarijní systémy HO-3 a HO-4, které regulovaly výkon reaktoru, začaly doplňovat chladivo a snažily se vykompenzovat pokles tlaku. Havarijní systémy HO-4 a HO-3 ovšem nedokázaly jeho klesání zabránit, spustil se havarijní systém HO-1, díky kterému byly spuštěny celé havarijní kazety do aktivní zóny, a tím se zastavila štěpná reakce. Na tento děj zareagoval sekundární okruh snižováním svého výkonu. Přehled v tabulce č. 2.

Při této simulaci bylo patrné, jak havarijní systémy fungují. Ve skutečnosti by únik trval mnohem delší dobu a díky doplňování chladiva by obsluha elektrárny měla čas nějakým způsobem reagovat.

Tabulka č. 2:

Čas (s)	p (MPa)	L (cm)	Pozice regulačních kazet (cm)	Výkon reaktoru (MWe)	$T_{stř}$ (°C)	T_{ko} (°C)
70	12,22	570,2	190,0	100,1	280,9	325,9
90	11,92	563,7	190,0	99,8	280,6	232,9
110	11,38	548,5	190,0	100,0	280,4	320,3
130	10,83	521,3	162,2	86,8	279,5	316,6
150	10,22	471,8	122,2	64,5	275,1	312,4
170	9,62	425,2	82,2	40,4	270,2	308,0
190	9,03	374,9	0,0	1,5	264,7	303,2
210	8,56	366,2	0,0	0,5	261,1	299,4
240	7,86	378,6	0,0	0,2	259,8	293,7
270	7,21	416,9	0,0	0,1	259,9	287,7
300	6,68	454,4	0,0	0,0	256,2	282,5

L – výška hladiny v kompenzátoru objemu; T_{ko} – teplota vody v kompenzátoru objemu

3 Shrnutí

Díky simulátorům jsme mohli simulovat různé situace, na kterých jsme si ověřili provázanost systémů primárního a sekundárního okruhu. Při naší práci na simulátoru jsme si také vyzkoušeli náročnost práce operátorů v jaderné elektrárně. Mohli jsme si vyzkoušet její bezpečnost, protože ať už jsme dělali cokoliv, havarijní systémy vždy zasáhly takovým způsobem, aby nedošlo k poničení reaktoru nebo úniku radiace do okolí.

Poděkování

Děkujeme Katedře jaderných reaktorů FJFI ČVUT za možnost používání simulátorů, dále Ing. Dušanu Kobylkovi, Ph. D. za uvedení do problematiky jaderných reaktorů a také pořadatelům týdne vědy, kteří nám dali příležitost se tohoto projektu účastnit.

Reference:

[1] ŠKORPÍK, J.: *Transformační technologie,* 18. 6. 2013, http://www.transformacni-technologie.cz/jaderna-energetika.html

[2] GIECI, A. – MACKO J.: Vedení výcviku na SPVS EDU (Odborná studie) VUJE, a.s., 2004

[3] KOBYLKA, D.: Prezentace projektu týdne vědy, Praha 2013

[4] ČEZ, a.s: Miniencyklopedie – Jaderná energie 18. 6. 2013, http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/obsah.http

Simulace provozu JE typu ABWR

Reinštein J., Taborovets S.
Katedra Jaderných Reaktorů

taborovets.stanislav@gmail.com
kubareinstein@seznam.cz

Abstrakt:

Tato práce je zaměřená na problematiku řízení jaderné elektrárny s reaktorem typu ABWR. Cílem této práce je popsání základních způsob ovládání aktivní zóny, turbín, čerpadel a spoustu jiných stejně důležitých pro chod elektrárny systému. Všechny simulace se provedli na simulátoru spolu s vysvětlením chováním reaktoru. V závěru demonstrujeme havarijní situace, jejich vysvětlení a řešení.

1 Úvod

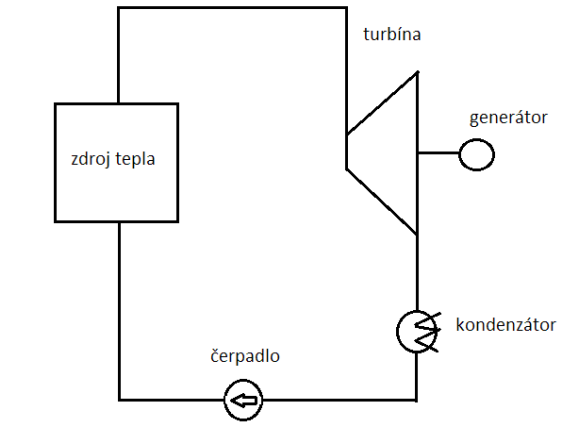
Reaktor ABWR - Advanced Boiling Water Reactor (pokročilý varný reaktor) je jaderný reaktor 3. generace. V provozu je zejména v jaderných elektrárnách v Japonsku. Jaderná elektrárna je složitý komplex vzájemně propojených zařízení, které dokážou přeměňovat energii jaderných vazeb přes tepelné děje na elektrickou energii. V daném projektu jsme si měli prostudovat závislost řízení elektrárny při různých stavech.

2 Teorie

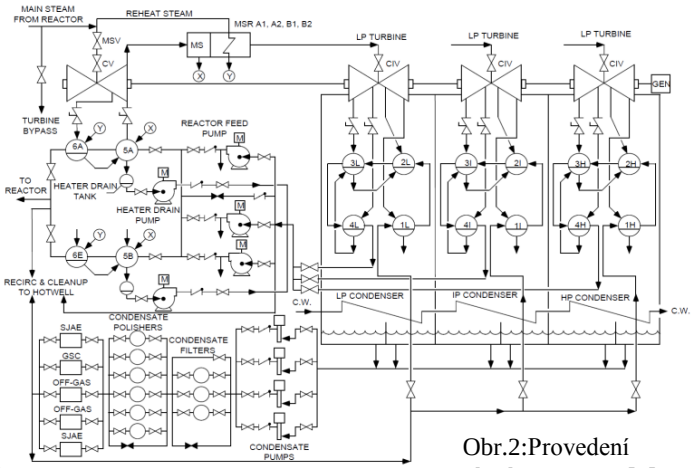
Tepelné pochody v elektrárnách jsou založeny na tzv. Rankin-Clausiůvě cyklu. Rankin-Clausiův cyklus je tepelný oběh s izobarickým ohřevem vody na teplotu varu, jejím vypařováním, ohřevem páry a následné expanze páry v turbíně. Nízkotlaká pára kondenzuje izobaricky v kondenzátoru a celý oběh se uzavírá izoentropickým zvýšením tlaku v napájecím čerpadle. Principiální schéma zařízení je na obr.1.

V jaderné jaderné elektrárně se využívá schopnost rozštěpit atomové jádro paliva (nejčastěji U^{235}) při čemž se uvolní energie ve formě kinetické energie částic. K rozštěpení dochází v palivě které se nachází v aktivní zóně reaktoru. Částice se srážkami s atomy prostředí zpomalují a při tom se přemění jejich kinetická energie na tepelnou, kterou předají moderátoru. Jako moderátor může sloužit voda, těžká voda, nebo nějaký tuhý prvek (grafit). V tomto typu reaktoru je moderátorem voda, která je zároveň i chladivem, které odebírá vznikající teplo. Voda se ohřívá na teplotu varu a přeměňuje se na páru. Ta se následně pod tlakem přivádí do turbíny, kterou roztáčí a v generátoru umístěném na hřídeli turbíny přeměňuje energii páry na elektrickou. Plyn ztrácí svoji počáteční energii a v kondenzátorech se přeměňuje opět do kapalné podoby a přes další systémy a napájecí čerpadla proudí zpět do

reaktoru pár stupňů pod sytostí. Avšak pro zvýšení účinnosti se zavádějí další prvky, které dělají konstrukci složitější (regenerační ohříváky, napájecí nádrž…) viz obr..2



Obr.1:Rankin-Clausiův cyklus



Obr.2:Provedení okruhu ABWR, [2]

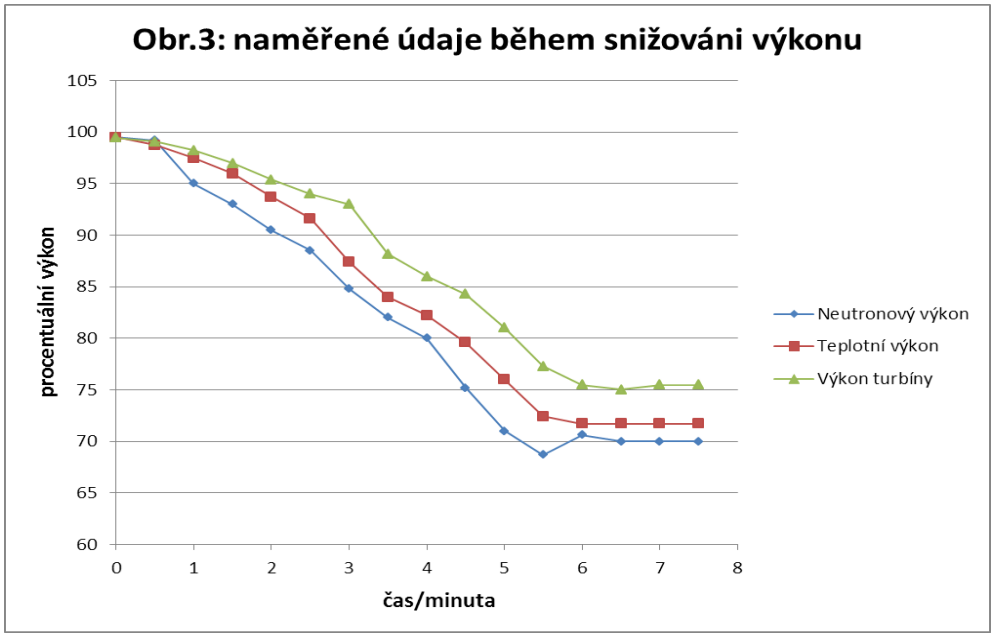
Blok ABWR varný reaktor s jednookruhovým systémem. Jeho vnitřní průměr je až 7,1m a tloušťka stěny je 190mm. Výška dosahuje 21metrů. Jako moderátor se zde využívá voda. Jeho čistý elektrický výkon činí 1300MW avšak tepelný je skoro 4000MW. Lze vidět, že účinnost je něco málo přes 33%. Jednookruhová cirkulace způsobuje lehkou kontaminaci všech systém, do kterých se dostane moderační voda. Jako palivo se využívá oxid uraničitý (UO_2). Řízení probíhá pomocí zasouvání a vysunování řídicích tyčí a regulací průtoku v čerpadlech. V aktivní zóně se nachází 205 regulačních tyčí z B_4C spojených do 8 skupin. Vysunováním tyčí dolů z aktivní zóny se výkon zvětšuje a zasunováním směrem nahoru do aktivní zóny zmenšuje. Také se výkon dá řídit regulací 10 čerpadel, které zajišťují cirkulaci vody v reaktoru. Když do aktivní zóny čerpadly proteče více vody, tak se zlepší moderace a zvýší se tepelný výkon.

Hlavní výhody tohoto typu reaktoru je větší jednoduchost jeho konstrukce a s tím spojené nižší náklady. Velkou výhodou je taky menší tepelné zatížení, nižší tlak v aktivní zóně a nižší nároky na obohacování paliva.

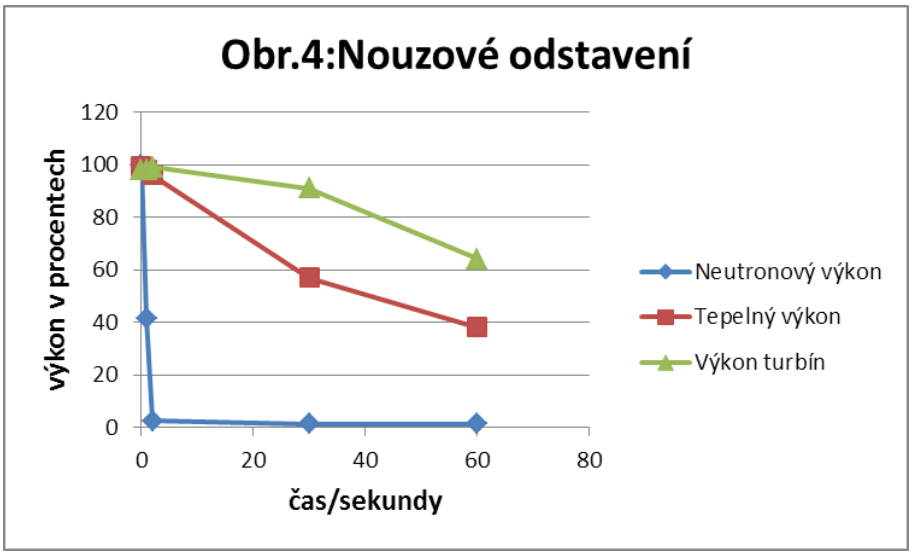
3 Experimenty

Pracovali jsme se simulátorem reaktoru ABWR[3], kde jsme se snažili splnit pár simulací a pochopit jak a proč se co při všech postupech děje.

Při první simulaci měl být v automatickém režimu snížen výkon ze 100% na 70%. Pozorovali jsme změny veličin jako je výkon reaktoru, tepelný výkon, výkon turbíny, tlak v reaktoru a průtok vody reaktorem, viz obr. 3. Experiment se nám vydařil a to bezchybně. Lze vidět, že výkon turbíny se zmenšoval déle, což je způsobeno, dostatečnou energií páry a dopravní zpoždění. Snižování výkonu způsobovalo snížení průtoku, kdy se z nominálních 14000kg/s jsme se dostali na 8330 kg/s. Následně byl zase zvýšen výkon ze 70% na 100%. Nakonec byl manuálně snížen výkon ze 100% na 70% pomocí regulace tyčí a regulací průtoku vody. Všechny simulace se nám povedly bez havárie.



Ve druhém pokusu byl nouzově odstaven reaktor a sledovali jsme, jak se budou chovat vybrané veličiny (výkon v reaktoru, teplota v reaktoru a výkon turbíny) Při nouzovém vsunutí všech regulačních tyčí prudce spadl neutronový výkon a turbína neztrácela výkon. Důvodem je dostatečná energie páry a vody, zbytkový výkon a dopravní zpoždění. Tepelný výkon v reaktoru klesal postupně a s ní také klesal výkon turbíny, protože se už nebyl dostatečná energie páry. Tlak v reaktoru se mírně klesl. To je spojeno se potřebou udržet tlak a teplotu sytosti systémů na dostatečné výši.



Další pokusy, které byly provedeny, se týkaly simulace různých havarijních situací jako například havárie napájecích čerpadel, nebo porušení parního kolektoru. Ve všech experimentech bylo pozorováno, že jakmile některé parametry překročí bezpeční limity, reaktor je bezpečnostními systémy zastaven.

4 Shrnutí

Úspěšně se podařilo provést všechny experimenty, kde jsme se snažili pochopit, jak daná operace probíhá. Ve chvílích lidského selhání vždy zasáhl bezpečnostní systém, který omezil výkon reaktoru. Ve srovnání s jinými reaktory je reaktor ABWR jednoduší v ovládání. Nesmíme ale zapomínat, že jsme experimentovali na simulátoru. A každý simulátor je pouze přiblížením ke skutečnému zařízení.

Poděkování

Chceme poděkovat celému organizačnímu týmu týdny vědy, za zprostředkovávání ták dobré činnosti, Katedře jaderných reaktor a obzvláště Dušanu Kobylkovi Ph.D. za základní zasvěcení do problematiky jaderných reaktorů, za ochotu pomoci a úžasnou trpělivost při zodpovídávání na naše dotazy.

Reference:

[1] KOBYLKA, D.*: Prezentace projektu týdnu vědy*, Praha, 2013

[2] GE Nuclear Energy: *ABWR Design Control Document - Volume 13*, Rev.4, 1997

[3] IAEA: *Boiling Water Reactor Simulator,* Workshop materiál, IAEA-TCS-23, Vídeň, 2003

HOLOGRAFIE – realizace reflexního hologramu

Tomáš Přeučil, tomas.pre@me.com
Miklíková Adéla, miklikova.am@seznam.cz
Dominika Jurdová, d.jurdova@seznam.cz

16-20. června 2012

Abstrakt

Cílem naší práce bylo porozumět teorii hologramů a díky těmto poznatkům realizovat vlastní reflexní hologram procesem kopírování z masteru – transmisního hologramu.

1 Úvod

Holografie je metoda záznamu obrazu, či informací. Od fotografie se zásadně liší větším množstvím uložených informací – je v ní zachován třídimenzionální charakter díky uchování nejen informace o amplitudě, ale i o fázi světelné vlny.

2 Vznik hologramu

K vytvoření záznamu hologramu je zapotřebí dvou koherentních svazků světla. Nemůže být použito dvou laserů, protože koherence laseru se zachovává pouze na velmi krátkou dobu i u jednoho laseru. Proto je zapotřebí, aby se laserový paprsek rozdělil na dva nové paprsky děličem svazku.

Získané nové paprsky jsou koherentní pouze pokud spolu interagují fotony, které vznikly v rámci koherenčního času laseru, proto musí být dráha obou paprsků stejně dlouhá. Jeden paprsek dopadá na zaznamenávaný předmět, od kterého se později odráží jako signální vlna na naše záznamové médium. Druhý, referenční paprsek přímo směřuje na médium, a zde navzájem koherentní svazky interferují a výsledný interferenční obrazec je zachycen na záznamovém médiu.

Pokud na vyvolaný hologram dopadá svazek shodný s referenčním, tak vidíme díky difrakci světla na zaznamenaném médiu obraz předmětu.

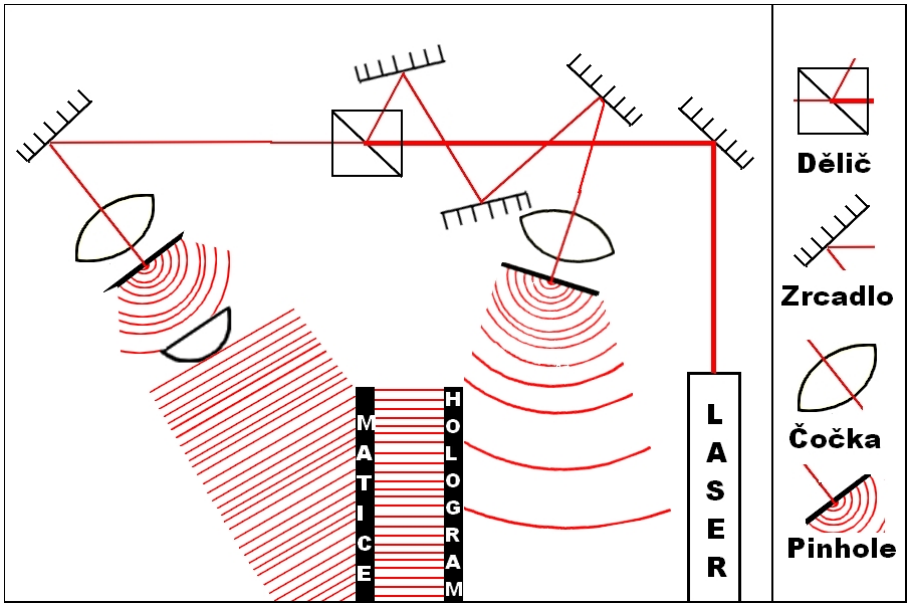
3 Druhy hologramů

Základními dvěma druhy hologramů jsou transmisní a reflexní. U transmisních hologramů dopadá referenční i obrazový paprsek na stejnou stranu záznamového média.

U reflexních hologramů dopadá referenční paprsek z druhé strany, než je objekt a lze u tohoto typu vytvořit i hologram, který není potřeba prosvěcovat laserem, ale stačí bílé světlo. Tyto hologramy se využívají v muzeích, galeriích.

4 Vlastní experiment

Náš hologram jsme vytvářeli jako kopii už hotového transmisního hologramu – masteru. Zdoj fotonů byl červený helium-neonový laser s vlnovou délkou 632,8 nm. Záznam jsme prováděli na odpruženém stole, aby nedocházelo k otřesům s pomocí optické soustavy. Popis a rozmístění viz. Obrázek 1.



Obrázek 1: Schéma kopírování masteru.

Hologram byl zaznamenán na skleněnou destičku pokrytou fotocitlivou halogen-stříbrnou emulzí. Optickou sestavu jsme sestavili dle schématu. Z laseru vychází paprsek, odráží se od zrcátka do děliče.

Zde se paprsek rozdvojí do námi určeného poměru 1:3, kdy referenční paprsek je silnější a pokračuje dále přes zrcátka a prodlužující dráhu až do čočky a pinholu, kde se z paprsku vytváří bodový zdroj světla, které dopadá na exponovanou desku.

Druhý paprsek se od zrcátka odráží rovněž do čočky a pinholu a poté se bodový zdroj světla převádí pomocí další čočky na rovinnou vlnu světla, která prochází námi kopírova-

ným masterem a na exponované desce interferuje s prvním paprskem.

Dobu expozice jsme dostali ze vzorců:

$$t = \frac{E}{I},$$
$$I = I_r + I_s,$$
$$I_r = I_R^0 \cos\alpha.$$

Kdy

$$I_s = 10\mu\mathrm{W/cm}^2$$

je intenzita signálního svazku,

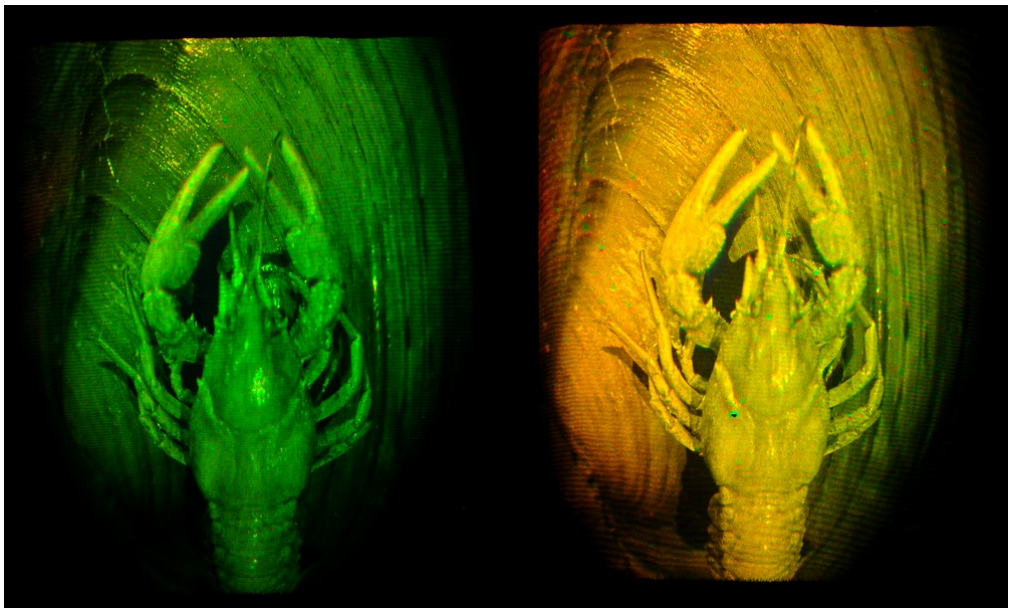
$$I_r = 30\mu\mathrm{W/cm}^2$$

je intenzita referenční vlny v rovině exponované desky.

$$E = 600\mu\mathrm{J/cm}^2$$

Je expoziční energie desek. Úhel dopadu referenční vlny jsme zvolili 53°.

Celý proces exponování probíhal v zatemnělé místnosti pouze za přítomnosti slabého zeleného světla. Po vložení desky do soustavy jsme místnost opustili. V této době jsme si připravili vývojku a běličku. Po 10 minutách jsme se vrátili, zapnuli laser s dobou expozice 20s. Následně se deska vložila do vývojky na 2 minuty, opláchla se ve vodě, vybělila se během 5 minut v běličce, opláchla se a nakonec, aby dobře vysychala, tak se ošetřila smáčedlem. To zajišťuje rovnoměrné vysychání celé destičky. Po vyschnutí jsme zalaminovali stranu s emulzí kvůli ochraně před mechanickým zničením.



Obrázek 2: Dva exponované hologramy.

5 Výsledky

První dva hologramy se naexponovaly dobře a lze vidět ostrý hologram humra v bílém světle, a tedy jsme potvrdili možnost rekonstrukce reflexního hologramu z transmisní předlohy. Třetí hologram po dlouhém bělení vypadal dobře, ale nevznikal zde hologram. To se stalo z důvodu rušivých vibrací. Jelikož jsme udělali vše správně, nerozuměli jsme proč se to stalo. Ale nakonec jsme zjistili, že speciální odpružený stůl, na kterém celá aparatura byla postavena, se vyfoukl a nebyl tedy odpružený.

Poděkování

Poděkování patří skupině optické fyziky na fakultě jaderné fyziky a informatiky ČVUT a supervisorovi Ing. Marku Škereňovi, PhD.

Reference

[1] HARIHARAN, P. Optical holography: principles, techniques, and applications [online]. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 1996, xvi, 406 p. [cit. 2013-06-18]. Cambridge studies in modern optics (Unnumbered). ISBN 05-214-3965-5.

[2] Aldebaran.cz: Oficiální fórum serveru Aldebaran.cz [online]. [cit. 2013-06-18]. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/forum/viewtopic.php?t=1690sid=f8d84a8933a

[3] Slibná budoucnost tištěné elektroniky českýma očima. In: Strategie.cz [online]. [cit. 2013-06-18]. Dostupné z: http://strategie.e15.cz/prilohy/s-print/slibna-budoucnost-tistene-elektroniky-ceskyma-ocima-469480

Radioaktivita – vlastnosti, zjišťování a ochrana

T. Bohuslav [1], D. Vymětal [2], M. Pauš [3], T. Malínský [4]
[1]Gymnázium Legionářů 402, Příbram; Tomasbohuslav@centrum.cz
[2]Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec; oshiraban@gmail.com
[3]Soukromé gymnázium AD Fontes 18, Jihlava; paus.marek@gmail.com
[4]Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha; t.malinsky@mujmail.cz

Abstrakt:
Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámení se s radiací, její historií, vlastnostmi, ochranou a zjišťováním pomocí detektoru, konkrétně Geiger-Müllerova počítače. Během bádání jsme pracovali jak s α, γ, tak i s β zářiči a snažili jsme se změřit energii záření a jeho pronikavost různými látkami.

1 Úvod

Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy. Radioaktivní záření lze rozdělit na:

1. Záření α – při této jaderné přeměně se vyzařuje těžká nabitá částice α, která je jádrem He, její dosah a pronikavost je malá.
2. Záření β – při této jaderné přeměně je z mateřského jádra vysokou rychlostí emitována částice β^- (elektron) nebo β^+ (pozitron) a nedetekovatelná neutrina.
3. Záření γ – vyzáření vysokoenergetického fotonu z jádra při jeho deexcitaci (energie může být až 10^8x větší než je energie viditelného záření). Jedná se o deexcitaci jader, která byla deexcitována jinou předchozí radioaktivní přeměnou (α, β). Dosah může být až kilometry, závisí to na energii emitovaného záření.

V rámci miniprojektu „Radioaktivita – vlastnosti, zjišťování a ochrana“ jsme měřili intenzitu záření a jeho průchodnost různými materiály a porovnávali jsme ho s přirozenou radiací, která nás všude obklopuje.

2.1 Historie

Přirozená radiace byla objevena už na přelomu 19. a 20. století Henrym Becquerelem. Za tento objev dostal roku 1903 Nobelovu cenu za fyziku spolu s manželi Curieovými, kterým se jako prvním podařilo izolovat radioaktivní izotop Polonia.

2.2 Metodika a materiály

Pro naše měření jsme měli k dispozici: Geiger – Müllerův počítač Pasco, Geiger Counts Pasport a Data Studio (software), optickou lavici, svorky, tabulky[1], radioaktivní izotopy: ^{241}Am, ^{239}Pu, ^{54}Mn, stínící destičky z různých materiálů (Fe, Cu, Sn, Al, Pb a papír).

a) První měření jsme provedli bez jakéhokoli radioaktivního izotopu. Přístroj jsme umístili do klidového stavu, tak aby v okolí nebyl žádný radioaktivní izotop a měřili vliv okolního prostředí. Měření jsme provedli 3x, pokaždé v intervalu 30 sekund. Tato informace nám pomohla zpřesnit výsledky dalších měření, neboť jsme přirozené záření odečetli od naměřených hodnot.

b) Druhé měření jsme provedli pomocí izotopu ^{241}Am. Měřili jsme průchodnost záření γ vzduchem. Do různých vzdáleností *l* (0 cm - 70 cm) od Geiger-Müllerova počítače jsme umístili radioaktivní izotop ^{241}Am. Každou vzdálenost jsme měřili 3x, opět v intervalu 30 sekund a vypočítali aritmetický průměr.

c) Třetí měření jsme dokazovali stínění výše zmíněných materiálů před radioaktivními izotopy ^{241}Am, ^{54}Mn. Zářiče jsme umístili 1 cm od Geiger-Müllerova počítače a mezi ně jsme samostatně vkládali různé kovové destičky a papír.

2.3 Výsledky měření

a) - Výsledek měření záření prostředí v místě měření je 23 částic za minutu (0,386 Bq). Toto záření se skládá z kosmického záření, přirozených radioizotopů kolem nás a případně umělých zdrojů (nemocnice apod.).

b) Výsledky pro druhé měření pro různé vzdálenosti jsou uvedené v následující tabulce.

Počet částic Geiger-Müllerovým detektorem v závislosti na vzdálenosti

l [cm]	70	60	40	20	10	5	1	0
N_1	10	16	17	25	33	81	365	86955
N_2	11	16	22	24	38	81	378	90032
N_3	9	25	23	19	30	80	390	87444
$\varnothing$	10	19	20,6	22,6	33,6	80,6	376,6	89143,6

Z tabulky pro druhé měření můžeme udělat závěr, že měření pro 70 a 60 cm jsou zanedbatelné, vzhledem k minimální odchylce od přirozeného záření kolem nás, což vede k závěru, že sem gama záření již nedoputuje, resp. ve velmi malém množství.

Průměrná odchylka o=6,3%
Maximální odchylka o_{max}=12%
Intenzita zářiče I=300 kBq

Gama záření lze v interakci s látkami popsat pomocí vzorce

$$I = I_0 e^{-\mu l},$$

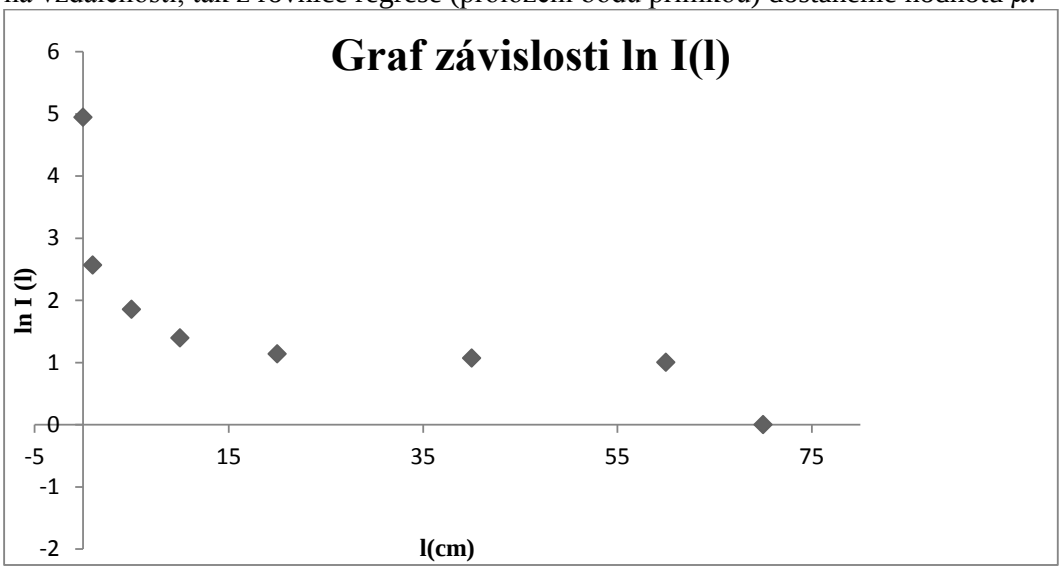
kde *I* je naměřená intenzita (počet detekcí za daný časový úsek), I_0 je intenzita pro nulovou vzdálenost a μ je lineární součinitel zeslabení. Tuto rovnici můžeme přepsat jako

$$lnI = -\mu l + lnI_0,$$

resp.

$$\boldsymbol{y = -\mu l + y_0},$$

kde $y = lnI;\ y_0 = lnI_0$. Tato transformace má výhodu, že vyneseme-li *y* do grafu v závislosti na vzdálenosti, tak z rovnice regrese (proložení bodů přímkou) dostaneme hodnotu μ.



Jak lze vidět na grafu, tak body ne zcela popisují očekávanou přímku. To může být způsobeno následujícími možnými chybami a nepřesnostmi:

- malá statistika (lepší by bylo delší a víc měření)
- **z ^{241}Am kromě gama záření se vyzařuje i alfa záření**, které, hlavně pro malé vzdálenosti efektivně zvyšuje intenzitu naměřeného záření, dle empirického vzorce by měl být dosah alfa záření ve vzduchu cca 3,5 cm
- další problém je změření intenzity pro nulovou vzdálenost, kde z technických důvodů nelze detektor a zářič dostat dostatečně k sobě a stále zde existuje vzduchová kapsa o délce několik milimetrů
- ^{241}Am také vyřazuje gama záření o dvou energiích a pomocí GM detektoru nejsme schopni jej rozlišit

Na základě výše naměřených výsledků můžeme udělat závěr o dosahu záření ve vzduchu, ale již ne o energii daného záření z výše zmíněných důvodů.

c) Výsledky pro měření stínění, resp. průchodem látky jsou vynesené v následující tabulce. Při porovnání s předpokládanými výsledky je hodnota námi určená pro cín diametrálně odlišná. Pravděpodobně je to způsobeno nepřesným měřením, stářím materiálu, vnějšími vlivy a rozlišovací schopností detektoru.

Procentuální vyjádření prošlého záření přes stínící materiál						
	Pb [1mm]	Cu [1mm]	Fe [1mm]	Sn [1mm]	Al [1mm]	Papír [80μm]
α a γ [%]	0,093	0,3	1,3	0,076	3,64	6,7
β [%]	89,9	89,75	90,06	91,47	90,65	99,6

Prvky řazeny sestupně podle hustoty
Intenzita zářičů I=300 kBq

Jinak můžeme udělat závěr, že 1 mm libovolného kovu zabrzdí většinu gama a alfa záření. Toto však už nemůžeme tvrdit o beta záření, které se fyzikálně chová i jinak než gama záření.

3 Shrnutí

V rámci tohoto projektu jsme provedli kalibrační měření přirozeného zářícího pozadí kolem nás. Dále jsme se pokusili zjistit energii záření na základě průchodnosti záření vzduchem. V poslední úloze, jsme vyzkoušeli stínit záření gama, kde jsme našli shodu s tezí, že míra pohlcení roste s nukleonovým číslem.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI, panu doktoru Svobodovi a celému týmu TV@J za organizaci akce a za poskytnutí možnosti bádat. Především ale děkujeme panu inženýru Michalu Křelinovi za morální, vědomostní i materiální podporu.

Reference:

[1] http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm , 18.6.2013
[2] http://WWW.FERMI2010.EU, 18.6.2013
[3] http://Physics.nics.gov , 18.6.2013
[4] http://SAFETY.UNCC.EDU , 18.6.2013,

Příprava radiofarmak, stanovení radiochemické a radionuklidové čistoty

K. Altmanová – Gymn. Dr. J. Pekaře, Palackého 211, Ml. Boleslav
H. Vičarová, K. Zádrapová – Gymnázium a SOŠZZE Vyškov
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
katerina@altmanovi.cz, hana.vicarova@gmail.com,
karolina.zadrapova@gmail.com

Abstrakt

Cílem miniprojektu je příprava a kontrola kvality jednoho typu radiofarmaka s obsahem ^{99m}Tc. Radiofarmakum je látka obsahující nuklid s nestabilním jádrem a používá se zejména v nukleární medicíně (sloučeniny ^{99m}Tc - SPECT, scintigrafie). Náš projekt se zabývá konkrétně konjugátem ^{99m}Tc-MAG$_3$.

Nejprve jsme vymyly ^{99m}Tc z radionuklidového generátoru ^{99}Mo/^{99m}Tc ve formě technecistanu, dále jsme redukovaly Tc^{7+} na Tc $^{5+.}$ Následně jsme stanovily radiochemickou čistotu pomocí PC/TLC, radionuklidovou čistotu zjišťujeme pomocí měření γ-spektra eluátu Na^{99m}TcO$_4$ z generátoru polovodičovým detektorem.

1 Úvod

Při našem bádání se aktivně zabýváme problematikou výroby radiofarmak. Snažíme se přiblížit postupy celého procesu od prvopočátku až po hotové léčivo. Naším cílem je prohloubení znalostí v oblasti radiochemie, farmacie a medicíny. Konkrétně se zabýváme výrobou radiofarmaka ^{99m}Tc-MAG$_3$.

Látku nejprve eluujeme z generátoru ^{99}Mo/^{99m}Tc, připravujeme ji do lékařského kitu (MAG$_3$). Radiochemickou čistotu stanovujeme pomocí chromatografie na papíře (Whatman 1) a tenké vrstvě, na stanovení radionuklidové čistoty využíváme mnohokanálový analyzátor ORTEC s koaxiálním polovodičovým detektorem PGT PIGC -22.

Vypočítáváme poločas rozpadu látek v generátoru. Další výpočet je v závislosti na radiochemické čistotě. Zjišťujeme hodnoty retenčního faktoru (R_f) přítomných nečistot. Na závěr sumarizujeme celý projekt a zhodnocujeme výsledky.

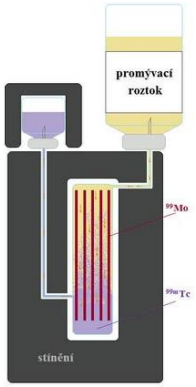
2 Příprava a kontrola radiofarmak

K přípravě radiofarmak jsme použili generátor ^{99m}Tc, lékařský kit MAG$_3$. Aby se radiofarmaka mohla využít v praxi při léčbě, nebo diagnostickém vyšetření, musela být provedena kontrola radiochemické a radionuklidové čistoty.

Radionuklidový generátor

Radionuklidový generátor slouží k přípravě radionuklidů používaných v lékařství. Je důležité dodržovat podmínku, aby původní (mateřský) radionuklid měl několikrát delší poločas rozpadu než následně použitý radionuklid (dceřiný).

Obr. 1 Složení generátoru [2] - zde je fixován mateřský nuklid. Dceřiný nuklid je postupně uvolňován a vymyvan promývacím roztokem. Kolona je umístěna v tlustém stínění, spoje roztoku s kolonou nesmí být přímé, aby nedošlo k pronikání radioaktivního záření.[1]



Výhodou je přijatelná cena, dobrá manipulace a dostupnost. Naopak nevýhodné je nutnost stálého stínění a snižující se aktivita.

Metody využívané k separaci dceřiného radionuklidu od mateřského jsou sloupcová chromatografie na Al_2O_3, extrakce methylethylketonem, sublimační technika a eluce molybdenových gelů (tj. chromatografická metoda).

K našim úkolům používáme radionuklidový generátor $^{99}Mo/^{99m}Tc$. V koloně je umístěn ^{99}Mo (poločas rozpadu je 66 h), z něhož získáváme nejvyužívanější radionuklid ^{99m}Tc používaný k přípravě radiofarmak. β^- přeměnou vznikne z mateřského ^{99}Mo dceřiné ^{99m}Tc (metastabilní stav jádra s energeticky vyšší úrovní). Technecium se uvolní z kolony a je rozpuštěno ve fyziologickém roztoku 0,9% NaCl. Další používané generátory jsou například $^{81}Rb/^{81m}Kr$, $^{68}Ge/^{68}Ga$.

Radiofarmaceutický kit

Jedná se o farmaceutický přípravek, který při spojení s radionuklidem vytváří diagnostické nebo terapeutické radiofarmakum. Obvykle se do radionuklidu přidává těsně před podáním léku pacientovi. Obsah kitu před přípravou není radioaktivní.

Použili jsme kit MAG_3 obsahující lyofilizát S-benzoyl-MAG_3, vinan sodný a chlorid cínatý jako redukční činidlo.

Výroba radiofarmak

Radiofarmaka z kitů a radionuklidu musí být připravována postupem vyhovujícím předpisům o radiační ochraně a požadavkům pro zajištění kvality léčiv.

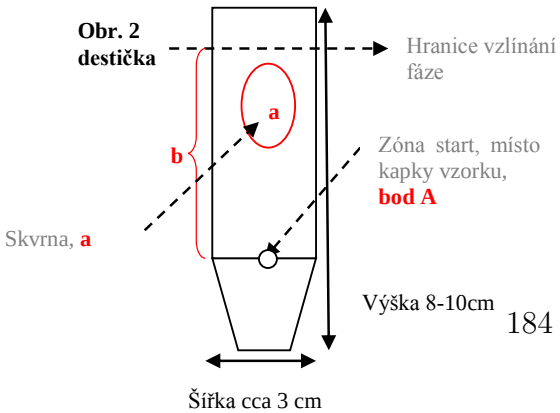
Evakuované lahvičky s eluovaným $Na^{99m}TcO_4$ (technecistan sodný) získaný z generátoru přidáme ke kitu MAG_3 a dojde k redukci Tc^{7+} pomocí Sn^{2+} za vzniku Tc^{5+} a vinanového komplexu. Zahřátím ampule reakční směsi ve vodní lázni vznikne ^{99m}Tc-MAG_3.

$$^{99m}TcO_4^- + Sn^{2+} \Leftrightarrow RED\ ^{99m}Tc^{4+} + Sn^{4+}$$
$$RED\ ^{99m}Tc^{4+} + \text{vinan} \Leftrightarrow {}^{99}Tc - \text{vinan}$$
$$^{99}Tc - \text{vinan} + MAG_3 \Leftrightarrow {}^{99m}Tc - MAG_3 + \text{vinan}$$

Důležité je stanovit přesné množství aktivity a radionuklidové čistoty, aby se dala posoudit radiační zátěž na pacienta a objektivní posouzení vyšetření.

Radiochemická čistota

Radiochemickou čistotu - P_{RCH} je možné stanovit pomocí TLC (= tenkovrstvá chromatologie). Je to poměr radioaktivity daného radionuklidu - A_i v radiofarmaku k celkové radioaktivitě, vyjádřeno v procentech.



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

Radiochemickou čistotu ověřujeme na třech různých materiálech. Jako první máme papír, druhým materiálem je deska se silikagelem, třetí deska s reversní fází. Připravíme si destičky (obr. 2), asi dva centimetry od spodního okraje vyznačíme

rovnou čáru tužkou – to je naše zóna start. Snažíme se trefit doprostřed kapkou vzorku, který nanášíme pomocí tenké kapiláry. Ideální objem naneseného množství je asi 1µl. Pomocí fénu každý vzorek usušíme a ponoříme dolní okraj do kádinky s mobilní fází. Mobilní fáze je ve vyvíjecí komoře pouze na dně, a proto nedojde k vymytí vzorku. Fáze vzlíná. Radiochemické nečistoty mohou pocházet např. z výroby radionuklidu, z chemických změn při jeho uchovávání apod.

Když vzlínání dostoupí několik mm pod okraj vzorku, vyjmeme jej a znovu usušíme. Vzorek zpracováváme pomocí AR 2000 a pomocí poloh skvrn chromatogramu určíme retenční faktor R_f.

$$\boldsymbol{R_f(\mathrm{A}) = \frac{\mathbf{a\ [mm]}}{\mathbf{b[mm]}} < 1}$$

Nutno ještě podotknout, že hodnoty R_f se v publikacích běžně neuvádějí, pokud jsou uvedeny je nutné je přijímat s určitou rezervou a menší odchylky od zveřejněných hodnot nejsou chybou experimentátora. Hodnota R_f závisí nejen na látce a mobilní fázi a typu sorbentu, ale může se poněkud lišit i na jednom typu sorbentu vlivem různé zrnitosti, sféricity, aktuální vlhkosti přítomné v silikagelu apod. Stejně tak i čistota či obsah vody v použitých rozpouštědlech mohou hodnotu R_f poměrně významně ovlivnit.[3]

Radionuklidová čistota

Radionuklidová čistota je poměr radioaktivity daného radionuklidu a celkové radioaktivity radiofarmaka, vyjádřený v procentech. [4]

$$\boldsymbol{P_{RN} = \frac{N_{i,m}}{\sum_{j=1}^{n} N_j}}$$

Radionuklidová čistota je stanovována měřením γ-spektra eluátu $Na^{99m}TcO_4$. Vzorek měřen na mnoha kanálovém analyzátoru ORTEC s koaxiálním polovodičovým detektorem PGT PIGC – 22.

3 Výsledky

ÚKOL 1: Dostaly jsme generátor, který měl dne 7. 6. v 12:00 hodnotu 30GBq. Odebrání probíhalo 17. 6. v 12:00 hodin. Jaká je aktuální hodnota?

den	čas	Doba rozpadu	Stav rozpadu
7. 6. 2013 (plnění)	12:00	-	$\frac{30}{2^0}\ GBq$
12. 6. 2013	12:00	5 dnů (120h)	$\frac{30}{2^2} GBq$
15. 6. 2013	00: 00	7,5 dnů (180h)	$\frac{30}{2^3} GBq$
17. 6. 2013	**12:00**	**10 dnů (240h)**	$\frac{30}{2^4} GBq$

VÝSLEDEK 1: (hodnota radioaktivity v generátoru)

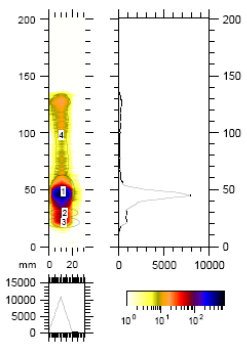
Hodnota naměřená izotopovým kalibrátorem (proporcionální ionizační komora) byla 2,04 GBq. Teoretickou počítáme. Víme, že poločas rozpadu ^{99}Tc je 2,5 dne (= 60h). (Dále viz tabulka)

Experimentálně změřená hodnota dozimetrem je 2,04 GBq. Námi vypočítaná hodnota je $\frac{30}{2^4} GBq = 1{,}875\ GBq$. Odchylka je 8,1 %

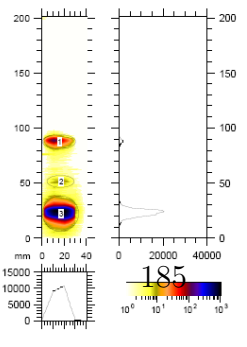
VÝSLEDEK 2: (Měření Rf)

Obr. 3-5
Snímky z přístroje Ar 0200
(zpracováváno z Win-Scan2D)

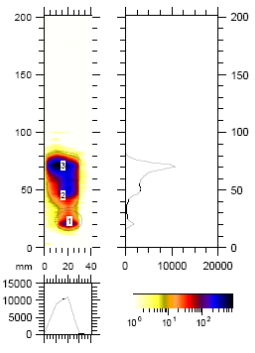
Obr. 3 - papír



Obr. 4 - silikagel



Obr. 5 – reversní fáze



***Obr. 3 papír**	Hodnoty (mm)	Rf(A) $= \frac{a\,[mm]}{b[mm]}$	**Obr. 4 silikagel**	Hodnoty (mm)	Rf(A) $= \frac{a\,[mm]}{b[mm]}$	**Obr. 5 rever.f.**	Hodnoty (mm)	Rf(A) $= \frac{a\,[mm]}{b[mm]}$
b	113	Výsledky:	b	75	Výsledky:	b	68	Výsledky:
a_1	25	Rf_1: 0,221	a_1	67,9	Rf_1: 0,905	a_1	0,3	Rf_1: 0,004
a_2	8,6	Rf_2:0,076	a_2	30,8	Rf_2:0,410	a_2	30,5	Rf_2:0,448
a_3	1,2	Rf_3: 0,010	a_3	3,5	Rf_3: 0,046	a_3	49,3	Rf_3: 0,725
a_4	83,9	Rf_4: 0,747	-	-	-	-	-	-

*a, b viz obr. 2

4 Diskuze

Výpočet radioaktivity v generátoru se lišil odchylkou asi 8,1%. Při měření bylo v laboratoři spousta dalších věcí ovlivňující izotopový kalibrátor, proto experimentálně naměřená radioaktivita byla o něco vyšší. Výrobce mohl na začátku přidat více radioaktivního mateřského radionuklidu.
V případě retenčních faktorů nám vycházeli různé hodnoty na různých materiálech, i když jsme testovali stejnou látku. Bylo to nejspíše způsobené tím, že každý vzorek vypracovával jiný člověk a všechny z nás se do takového procesu začlenily poprvé.

5 Shrnutí

Výroba radiofarmak je vysoce citlivá na výrobní postup, který musí do poslední tečky odpovídat lékopisu a výrobním předpisům. Jde především o bezpečnost pacienta a lidí, co s farmakem pracují.
Nepodařilo se nás sice prokázat čistotu látky, kterou jsme vyrobily, ale vcelku dobře se nám podařilo počítání s poločasem rozpadu u technecia. Projekt pro nás byl velikým přínosem a doufáme, že zde nabyté vědomosti uplatníme v budoucnosti. A kdo ví, třeba i v našem budoucím povolání.

6 Poděkování

Děkujeme vedoucím našeho projektu - RNDr. Ján Kozempel, Ph. D. a RNDr. Martin Vlk, za investovaný čas a za neuvěřitelnou trpělivost, s jakou nám vše vysvětlovali. Snažili se nám vše podat takovým způsobem, abychom to pochopily.

Reference:

[1] WIKIPEDIE: *Radiofarmaka*, 2013. http://www.wikiskripta.eu/index.php/Radiofarmaka

[2] Obr. 1: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Tc-generator.png

[3] KATEDRA JADERNÉ CHEMIE FJFI ČVUT: *Chromatografie značených sloučenin,* FJFI ČVUT 2013, http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/Chrorg.PDF, str. 3

[4] KOHLÍČKOVÁ, M., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., MELICHAR, F.: *Chem. listy* 1998 **92**, 643

Řešení sudoku pomocí optimalizace

František Hájek[1], Šimon Let[2], Ráchel Sgallová[3], Václva Trličík[4]

Gymnázium Uničov[1], Gymnázium Most[2], Gymnázium Christiana Dopplera[3], Masarykovo Gymnázium Vsetín[4]

frahah@seznam.cz[1], lets@seznam.cz[2], rachel.sgallova@centrum.cz[3], flying.viper@seznam.cz[4]

Abstrakt

Sudoku je oblíbená hra pro krácení volné chvíle. Cílem tohoto miniprojektu je seznámení s optimalizačními heuristikami a jejich využití při optimalizaci řešení sudoku. Součástí práce je také porovnání různých optimalizačních metod a klasického řešení pomocí tužky a papíru.

1 Úvod

Heuristika je postup, kterým nenalezneme přesné řešení problému, avšak dostaneme přibližné řešení, které můžeme dostat v poměrně krátkém čase. Velkou úlohu zde hraje pravděpodobnost. Heuristické metody se obvykle používají, pokud neznáme algoritmus, který nám zaručí řešení.

Sudoku N je hlavolam, který obsahuje N^4 číslic 1 až N^2, které se nesmí opakovat v sloupci, řádku a čtverci o rozměrech $N \diamondsuit N$.

Naše skupina pro řešení sudoku pomocí heuristiky použila programovací jazyky C++, Python a Matlab. Zároveň jsme využili různé metody, které se liší náročností a efektivitou.

2 Random Shooting a Shoot and Go

Random Shooting náhodně generuje vektory a jakmile najde lepší než předchozí, zamění jej. Ukončen je při nalezení vektoru s nulovou chybou. Nevýhoda je velká časová náročnost, jelikož počet stavů je určen vztahem $N^{2\ \text{počet volných míst}}$.

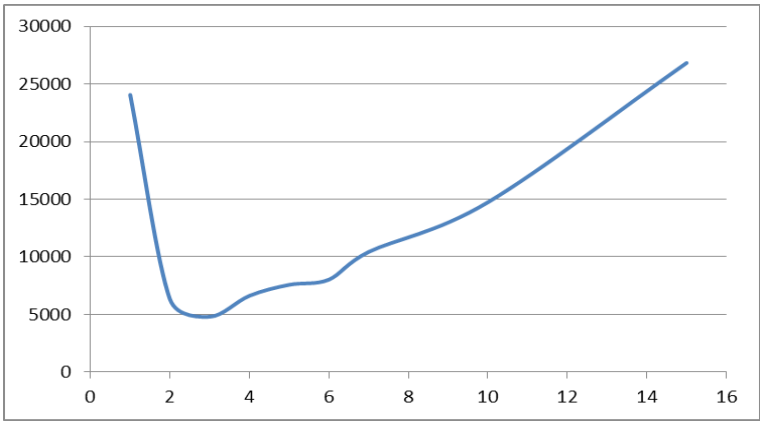
Shoot and Go funguje na podobném principu jako Random Shooting. Rozdíl je v tom, že tento postup po náhodném výstřelu do bodu prohledává jeho okolí až do povolené hodnoty `hmax`. V případě nenalezení uspokojivého výsledku pokračuje dalším náhodným výstřelem. U Shoot and Go jsme vyzkoušeli metodu nalepení na okraj a periodického rozšiřování okolí. Tabulka zachycuje průměrný počet potřebných pokusů k nalezení uspokojivého výsledku u obou metod v závislosti na `hmax`. Obě tabulky se vztahují pro $N = 2$ s následujícím zadáním:

	3		
			3
	4	1	2

Metoda nalepení na okraj (`cmeth = 1`)

hmax	1	2	3	4	5	6	7	10	15
Počet pokusů	24061	6320	4797	6619	7576	8019	10428	14734	26832

Počet pokusů

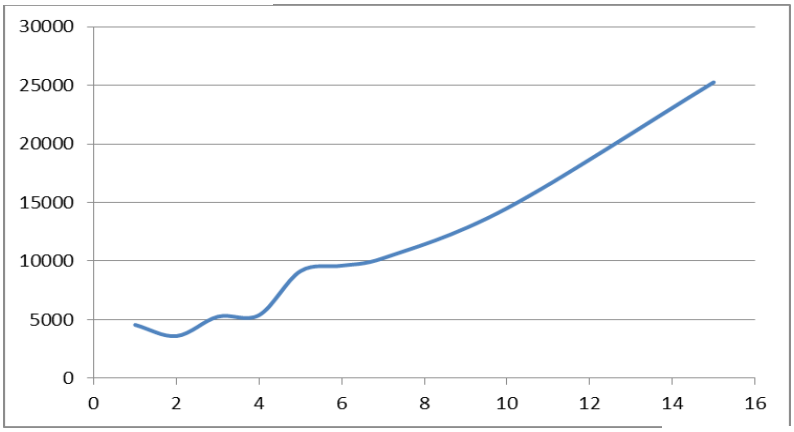


hmax

Metoda periodického rozšíření oblasti (`cmeth = 2`)

hmax	1	2	3	4	5	6	7	10	15
Počet pokusů	4550	3602	5258	5393	9145	9608	10244	14517	25257

Počet pokusů



hmax

```
% method:
% 1 ... nalepeni na okraj oblasti
% 2 ... periodicke rozsireni oblasti
if nargin==3
    method=1;
end
xcor=x;
d=b-a;
n=length(x);

if method==1
    xcor=max(a,min(b,x));
elseif method==2
    xcor=a+mod(x-a,d+1);
```

Ukázka kódu

Z grafů vyplývá, že metoda periodického rozšíření oblasti je při určitých parametrech až dvakrát efektivnější. Stále je však nevhodná pro řešení sudoku vyšších stupňů. U obou metod Shoot and Go se proměnná `hmax` ukázala jako nejvhodnější v rozmezí od 2 do 6. Při vyšších hodnotách se užívání Shoot and Go ukázalo jako neefektivní.

3 Permutační přístup

Doplnění buněk

Buňky se doplní náhodnými čísly, tak aby se v rámci čtverce neopakovala.

Počítání pokuty f(x)

Spočítají se chyby tzn. počet čísel chybějících v každém řádku nebo sloupci.

Cesta k sousedovi

Z celého sudoku se náhodně vybere buňka, která nebyla zadána od začátku, a prohodí se s buňkou, ve stejném čtverci, která také nebyla zadána od začátku. Znovu se spočítá pokuta f(*xnew*) a porovná se s pokutou předcházející, pokud je nová pokuta menší, nový stav se použije. Pokud je pokuta nového stavu větší, použije se s pravděpodobností *p*.

Simulované žíhání(annealing)

Pravděpodobnost p spočítáme vztahem $p = e^{((f(x)-f(xnew))/T)}$, kde T je teplota, která se postupně zmenšuje, když po určitý počet kroků není nalezena dvojice buněk jejichž prohození by způsobilo zmenšení pokuty.

4 Numerické experimenty

Při periodickém přístupu je možné modifikovat hodnoty některých proměnných, a tím měnit účinnost metody při řešení sudoku. Je možné měnit počáteční teplotu - T_0 změnu teploty - Q a *Mez*. *Mez* je určitý počet kroků, když uběhne *Mez* a není nalezena dvojice buněk jejichž prohození by způsobilo zmenšení pokuty, tak se T vynásobí Q ($Q \approx 0.99$).

Tabulka závislosti počtu kroků programu na T_0 Q a *Mezi*.

T_0	Q	Mez	Ø počet kroků (Python)	Ø počet kroků (C++)
80	0.9	30	6000	1525941
40	0.9	30	4140	2316701
20	0.9	30	3752	400269
120	0.9	30	7177	1476392
200	0.9	30	10321	876392
80	0.9	20	5630	904333
80	0.9	10	5382	4671017
80	0.9	60	8234	4547235
80	0.9	180	58467	1104567
80	0.899	30	5752	1419230
80	0.999	30	357266	1123363

Z tabulky lze vypozorovat, že větší efektivity lze dosáhnout snížením T_0 Q nebo *Meze,* ale pokud bychom chtěli řešit sudoku 4 a více nebo velmi složité verze sudoku 3

snížením T_0 Q nebo *Meze* bychom mohli způsobit, že program zůstane viset v lokálním minimu a nikdy nezjistí správný výsledek. Různorodost výsledků a mnohonásobně vyšší počet potřebných kroků při použití C++ připisujeme způsobu, kterým C++ náhodná čísla generuje.

5 Závěr

Zjistili jsme, že nejprimitivnější metoda, Random Shooting, není z časového hlediska výhodná a je nereálné pomocí ní dojít řešení. O něco lépe na tom je metoda Shoot and Go, ale pořád je rychlejší vyplnit sudoku ručně, než ji použít. Při použití Permutačního přístupu se Simulovaným žíháním lze dosáhnout mnohem lepšího výsledku, pokud použijeme tento přístup na C++ a Pythonu, dosáhneme mnohem lepšího výsledku v případě Pythonu a to v řádech sekund, C++ sice za Pythonem pokulhává, ale je stále lepší než když použijete Random Shooting nebo Shoot and Go.

Poděkování

Děkujeme doc. Ing. Jaromíru Kukalovi, Ph.D., děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi, Csc. za organizaci Týdne vědy a v neposlední řadě děkujeme ČVUT FJFI za poskytnutí prostor k našemu miniprojektu.

Reference

[1] J. Gunther a T. Moon, „Entropy Minimization for Solving Sudoku“, *IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING*, VOL. 60, NO. 1, pp 508-513, JANUARY 2012

[2] P. Babu, K. Pelckmans, P. Stoica, Fellow, IEEE, and J. Li, Fellow, IEEE, *IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS*, VOL. 17, NO. 1, JANUARY 2010

Dolování dat pomocí Sammonova zobrazení

J.Doležal, J. Štěpanovský
Gymnázium, Špitálská 2;Gymnázium Třebíč
madrak@centrum.cz, stepanovsky@ic.cz

Abstrakt:

V tomto miniprojektu jsme se zabývali heuristikou a to konkrétně Harmony search. Tento postup jsme následně aplikovali v Sammonově zobrazení, jenž se využívá na pozměnění dimenzionality problému. Vytvořili jsme program, který to prováděl. Vyzkoušeli jsme dvě různé funkce na počítání Sammonova erroru. Na základních soustavách bodů jsme tyto dvě funkce porovnali.

1 Úvod

Sammonovo zobrazení je velmi užitečným nástrojem pro zpracování dat (tzv. data mining). Využívá se například v lékařství, human reseources, psychologii a mnoha technických odvětvích.

2 Náplň našeho miniprojektu

a. Účelové funkce

V našem programu využíváme více typů funkcí, které přiřazují našim sadám vygenerovaných bodů jejich míru "stresu" nebo-li správnosti. Tento stres se dá vypočítat více různými metodami Jedním z nich je jednoduché Sammonovo zobrazení.

$$E = \sum_{i>j} \frac{(d_{ij}^* - d_{ij})^2}{d_{ij}^*} \qquad (1)$$

jsou zde původní vzdálenosti mezi původními body v původním prostoru, jsou vzdálenosti mezi nově vytvořenými body a *E* je zde stres. Jiná funkce se nazývá občas prodloužené Sammonovo zobrazení a využívá Bregmanových divergencí

$$E = \sum_{i>j} (d_{ij} ln \frac{d_{ij}}{d_{ij}^*} - d_{ij} + d_{ij}^*) \quad (2)$$

proměnné jsou zde úplně ty samé, jako v základním vzorci. Rozdíl mezi těmito dvěma vzorci je dle [2] v tom, že mají různé hodnoty stressu pro stejné rozdíly vzdáleností a zároveň je vzorec (2) lepší v tom, že zachovává více původní sousedy.

b. Heuristika-Harmony search

Harmony search je metoda, kterou jsme generovali nové body v novém N-rozměrném prostoru a tyto body měli být podobně vzdálené jako v původním prostoru.

Nejprve jsme vygenerovali 6 sad náhodných bodů v novém prostoru. Těmto sadám se přezdívá hudebníci. U každé ze sad jsme otestovali Sammonův error a to buď dle vzorce (1) nebo (2). Tyto errory jsme zapsali do jiné matice.

Vytvořili jsme novou sadu bodů (hudebníka), kterou jsme vytvořili pomocí následujícího postupu. Každý bod měl určitou pravděpodobnost, že se inspiruje v již

existující sadě bodů (nový hudebník imituje tón již existujícího). Pokud se tak stalo, bod mohl být ještě upraven (mohlo to zmutovat). Pokud se hudebník neinspiroval, bod vznikl naprosto náhodně v rámci mezí, které byly předem dány.

Novou sadu jsme opět otestovali tou samou funkcí jako sady předchozí. Poté jsme ji porovnali s nejhorší sadou (sada s nejvyšší errorem) a v případě, že se ukázala lepší, stávající sadu nahradila.

Proces nahrazování sad (muzikantů) novými měl konečný počet možných spuštění. Na tom obvykle závisela velikost erroru (přesnost).

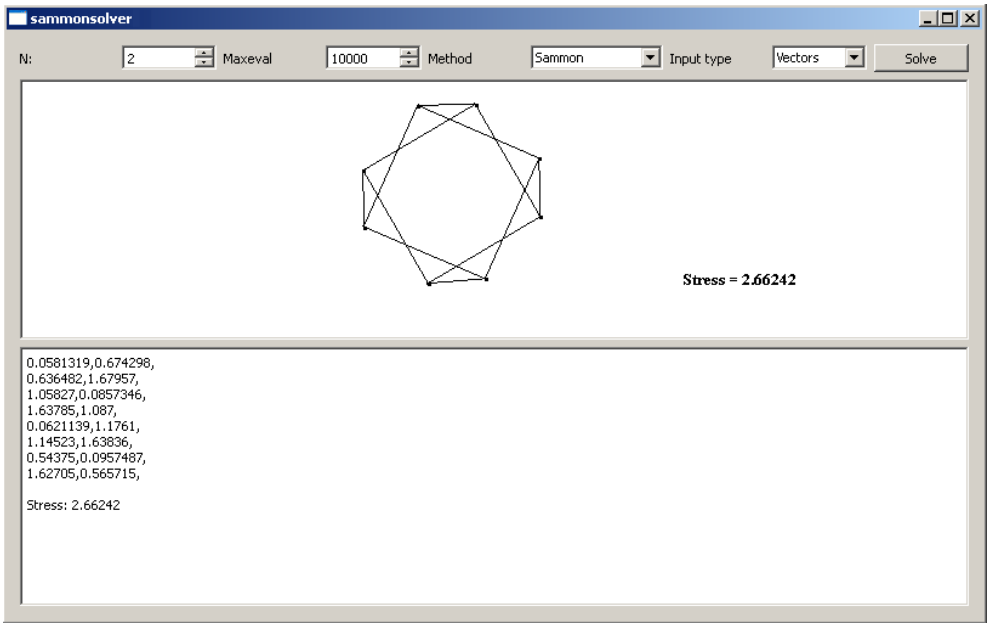
c. Samotný program

Program se skládá z grafického uživatelského rozhraní (GUI), které zajišťuje vkládání dat a parametrů, a z následujících metod:

Tabulka 1 Funkce

initHarmonySearch	Zinicializuje metodu zprostředkující Harmony Search
harmonySearch	Metoda zajištující harmony search (popsáno výše)
sammonReal	vlastní počítání erroru funkcí (1)
sammonExtendedReal	vlastní počítání erroru funkcí (2)
v2m	Převádí vektor na matici
m2d	Převádí matici na množinu vzdáleností mezi body
paint	Graficky znázorní výsledné body a vypíše jejich souřadnice
Main	Spustí ostatní funkce ve správném pořadí v závislosti na vstupních datech a parametrech

Příklad zobrazení krychle do roviny vytvořeným programem Sammonsolver pomocí funkce (1).



Obrázek 1 Sammonsolver

3 Shrnutí

Harmony search je metoda, která nachází lokální minimum a snaží se o nalezení globálního minima funkcí. Její síla a i zároveň slabina spočívá v náhodnosti výběru. Sammonovo mapování zobrazuje v multidimenzionálním prostoru do bodů v prostoru o menším počtu dimenzí a zprostředkovává přehlednější zobrazení dat. My jsme úspěšně spojili tyto dvě funkce do programu Sammonsolver a efektivně jsme je využili.

Poděkování

Děkujeme univerzitě ČVUT a FJFI za poskytnutí odborného vedení a literatury, bez nichž by tato práce nemohla nikdy vzniknout, a ostatním.

Reference:

[1]A Nonlinear Mapping for Data Structure analysis-John W. Sammon JR. *IEEE Transactions on Computers* **18,** str: 401–409

[2]Sun, J., Crowe, M., Fyfe, C., Extending metric multidimensional scaling with Bregman divergences, *Pattern recognition*, Elsevier, 2011, str. 1137.-1154.

Radiačně chemická příprava nanostříbra

Fusek Lukáš, Uhlířová Tereza, Zhang Lecheng
Gymnázium Uherské Hradiště, Gymnázium Omská – Praha 10,
Podkrušnohorské Gymnázium Most
lusek.fukas@centrum.cz, terezauhlirova@seznam.cz,
lukas.zh.zh@seznam.cz

Abstrakt:
Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit účastníky se základy radiační chemie a metodami přípravy nanočástic stříbra z roztoku $AgNO_3$. Množství vyredukovaných částic, které závisá na dávce, bylo následně určeno spektroskopicky.

1 Úvod

V současné době se klade důraz na rozvoj nanotechnologií, a tak roste význam získávání nanočástic. Velkou pozornost věnují vědci například způsobům přípravy nanostříbra, které má díky svým specifickým vlastnostem široké praktické využití (např. v lékařství, energetice).

Ve všech oblastech využití nanočástic stříbra hraje důležitou roli především jejich velikost a stabilizace, které závisejí na zvoleném způsobu přípravy. Metody lze rozdělit do dvou hlavních kategorií: dispergační a kondenzační. V prvním případě vznikají nanočástice rozptylováním větších celků. Naopak při kondenzačních metodách dochází ke shlukování jednotlivých atomů do větších seskupení.

Tento miniprojekt se věnuje radiačně chemické přípravě, která patří mezi kondenzační metody. Nanostříbro vzniká vyredukovním z roztoku $AgNO_3$ v Tritonu X-100 působením záření. Množství vzniklých nanočástic se posléze určuje spektroskopicky.

2 Experimentální část

2.1 Teorie

Atomy stříbra, k jejichž vyredukování dochází působením gamma-záření, se seskupují do větších celků. Požadovaná velikost nanočástic se pohybuje v rozmezí 10^{-8} až 10^{-7} m. Dalšímu shlukování a usazování na dně nádoby brání v roztoku přítomný Triton X-100, který s nanočásticemi stříbra tvoří micelární systémy.

Pro určení množství nanočástic stříbra slouží UV/VIS spektroskopie. Nanostříbro pohlcuje světlo o vlnové délce přibližně 420 až 450 nm (v závislosti na velikosti částic). Vzorek je postupně prozařován světelným spektrem, přičemž koncentrace částic se zjišťuje na základě rozdílu absorbance vzhledem k neozářenému vzorku. Lze očekávat, že množství nanostříbra poroste s dobou ozařování (dávkou).

2.2 Postup

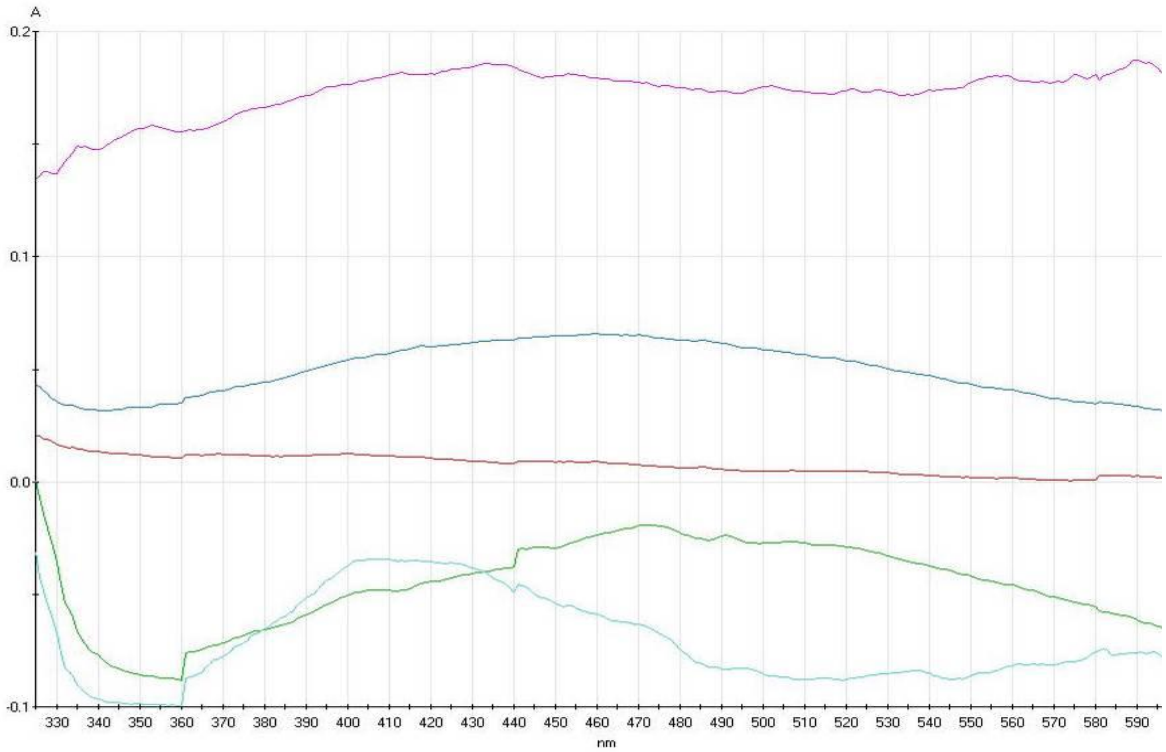
Při experimentu byly použity dvě sady vzorků 0,14M roztoku $AgNO_3$ v 2% (hm.) Tritonu X-100 (druhá sada mírně modifikovaná). Ampulky byly umístěny na různé časové intervaly do Gammacellu, kde probíhalo jejich ozařování (dávková rychlost 64 $Gyhod^{-1}$). Po vyjmutí byl každý vzorek zanalyzován UV/VIS spektroskopem.

2.3 Výsledky

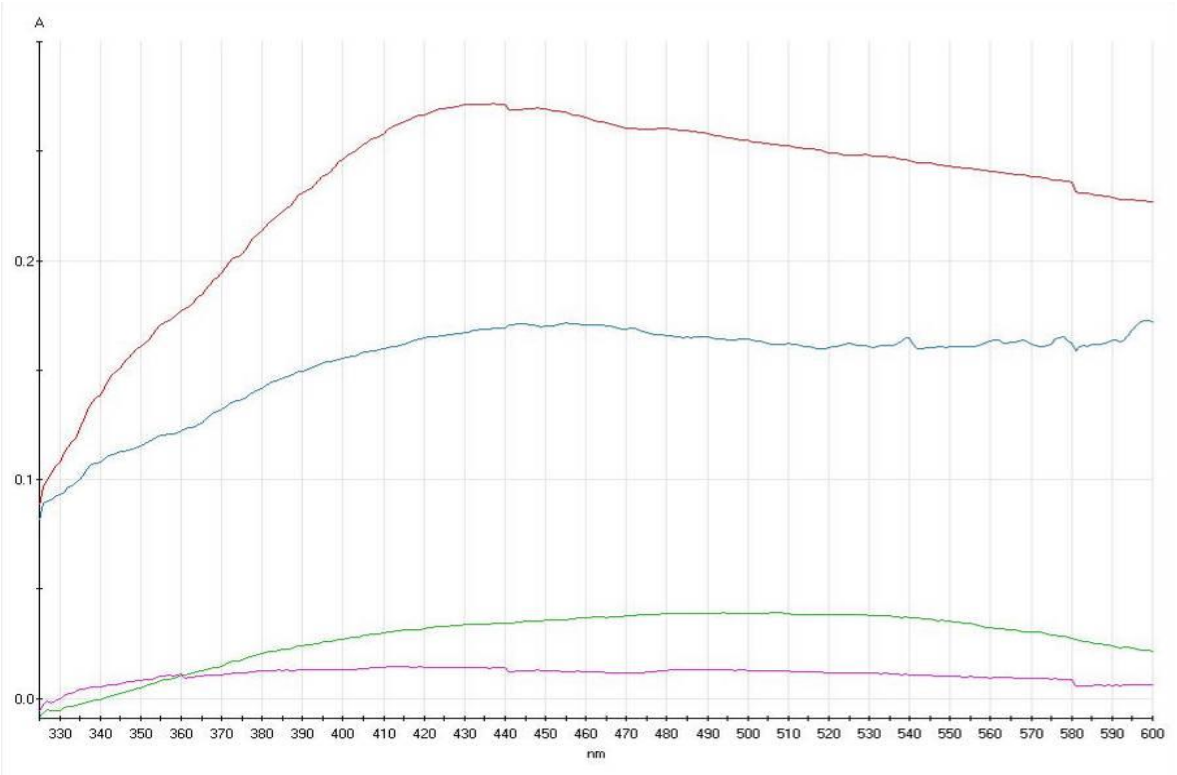
Dobu a dávku ozáření jednotlivých vzorků vystihuje následující tabulka:

Vzorek	Čas [hod]	Dávka [Gy]
1	0,5	32
2	2	128
3	3	192
4	21	1344
5	23	1472

UV/VIS spektroskopem byla získána tato data:



Obrázek 1: Graf závislosti rozdílu absorbance vzorků v závislosti na vlnové délce (sada 1)



Obrázek 2: Graf závislosti rozdílu absorbance vzorků v závislosti na vlnové délce (sada 2)

2.4 Diskuse

V případě první sady graf ukazuje nárůst množství vyredukovaných nanočástic stříbra v roztoku pouze u prvních tří vzorků (odebraných po relativně krátkých časových intervalech). Následný pokles koncentrace nanočástic u vzorků 4 a 5 je nejspíš zapříčiněn dlouhou dobou ozařování, která vedla k destabilizaci micelárních systémů a následnému vysrážení a usazení stříbra u dna nádoby.

Druhá sada má podobný průběh jako první: koncentrace nanočástic roste s dávkou (resp. s dobou ozařování). Avšak díky přidanému modifikátoru nedošlo k tak výraznému vysrážení částic stříbra u vzorků 4 a 5, které byly odebrány po delší době.

Je-li potřeba předejít vysrážení a usazení stříbra na dně nádoby, využívá se gama-zářičů s řádově tisíckrát větším výkonem (např. elektronové svazky).

3 Shrnutí

Výsledky experimentu se odlišují od původních očekávaní (zejména u sady 1). Hlavní důvodem odchýlení získaných dat je vznik sraženin a jejich následné usazení na dně nádoby. Tento jev byl pravděpodobně způsoben především dlouhou dobou ozařování.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali našemu supervisorovi doc. Ing. Rostislavu Silberovi, CSc., který nás seznámil s experimentem a po celou dobu trvání miniprojektu nás plně podporoval. Uznání patří také realizačnímu týmu Týdne vědy na FJFI 2013 vedenému Ing. Vojtěchem Svobodou, CSc. Dále děkujeme všem pracovníkům na FJFI ČVUT, kteří nás provázeli svými laboratořemi a seznamovali s moderním vybavením a nejrůznějšími vědeckými metodami.

Reference:

ZDYCHOVÁ, V.: *Studium katalytické aktivity radiačně indukovaného nanostříbra,* 2010/2011

KVÍTEK, L. – KRUCEK, R. – PANÁČEK, A. – SOUKUPOVÁ, J.: *Nanočástice stříbra – příprava, vlastnosti a aplikace*. 2009

Práce v radiochemické laboratoři

Stanovení poločasu krátkodobých radionuklidů

Fína Daniel, Povýšilová Lucie
Gymnázium Matyáše Lercha, Žižkova 55, Brno
Majerová Irena, Vrána Tomáš
Gymnázium Česká 64, České Budějovice

Fiener.d2@seznam.cz, luckapovysilova@seznam.cz,
ircamajeru@seznam.cz, ttomas.vrana@gmail.com

Abstrakt:
V tomto projektu jsme se zabývali stanovením poločasů rozpadů různých radionuklidů, které jsme získali buď aktivací nebo vymýváním dceřiného radionuklidového generátoru.

1 Úvod

Úkolem celé práce bylo určit neznámé radionuklidy a jejich poločasy rozpadů. Radionuklid je charakterizován hmotnostním číslem A a protonovým číslem Z a má svůj jedinečný poločas rozpadu. Poločas rozpadu je čas, za který se rozpadne polovina jader daného radionuklidu. Pokud zjistíme poločas rozpadu neznámého radionuklidu, můžeme zjistit o jaký radionuklid se jedná.

2 Provedení laboratorní práce

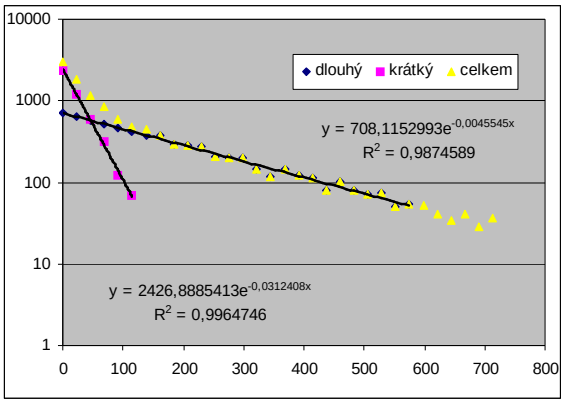
Náš projekt v radiochemické laboratoři měl dvě části.

Aktivace stříbra, analýza složené rozpadové křivky

V první části jsme se věnovali analýze složené rozpadové křivky a zjišťování poločasů rozpadů izotopů stříbra, které vznikly po ozáření stříbrného plíšku. Plíšek jsme vystavili neutronovému záření, čímž jsme ho aktivovali. Po dvacetiminutovém vystavení neutronovému záření jsme plíšek přesunuli do čítače s beta trubicí a nechali běžet program, který po dalších dvacet minut měřil aktivitu v dvacetisekundových intervalech. Z naměřených hodnot jsme vytvořili graf závislosti aktivity na čase (viz Obr.1). Nadále jsme provedli analýzu rozpadové křivky, z čehož jsme zjistili, že aktivací přírodního stříbra vznikají na dva různé izotopy ^{108}Ag a ^{110}Ag podle jaderných reakcí ^{107}Ag (n, γ) ^{108}Ag a ^{109}Ag (n, γ) ^{110}Ag ,které se dále rozpadem β^- přeměňují na izotopy kadmia.

Pro aktivitu každého z nich platí rozpadový zákon $A = A_0.e^{-\lambda t}$, kde pro poločas rozpadu T platí $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

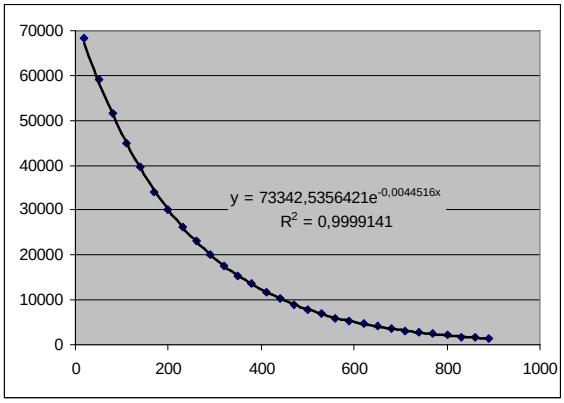
Naměřenou celkovou rozpadovou křivku jsme rozdělili na rozpadové křivky jednotlivých radioizotopů a vypočítali jejich poločasy rozpadu. U ^{108}Ag jsme určili poločas rozpadu na 152,8 s, kde jsme byli nepřesní o 8,2 s (5,7%) oproti tabulkovým hodnotám. U ^{110}Ag byly naměřené hodnoty 22,8 s a tabulkové 24,6 s, což znamená, že nepřesnost byla asi 1,8 s (7,3%).



Obr.1: složená křivka

Stanovení poločasu rozpadu ^{137m}Ba

V další části jsme měli za úkol určit poločas rozpadu ^{137m}Ba. Ze všeho nejdříve jsme eluovali kolonu, ve které bylo na $K_xNi_y[Fe(CN)_6]$ navázán izotop cesia ^{137}Cs. ^{137}Cs se rozpadá na ^{137m}Ba, které již nedrží ve vazbě na sorpčním materiálu a můžeme jej vymýt fyziologickým roztokem (0,9% NaCl) a přeměňuje se vyzářením fotonu gama na stabilní základní stav ^{137}Ba. Eluát převedený do zkumavky jsme okamžitě přenesli do studňového detektoru (viz Obr.3) a měřili aktivitu 20 s opakovaně s prodlevou 10 s mezi měřeními. Z naměřených hodnot jsme sestavili graf závislosti aktivity na čase (viz Obr.2) a nakonec jsme ze získané rozpadové konstanty λ vypočítali poločas rozpadu opět pomocí vzorce $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$. Náš nejpřesnější výsledek byl 152,4 s, avšak průměrný poločas ze všech měření byl 153,1 s, což je v podstatě téměř shodné jako tabulková hodnota (rozdíl 0,4%).



Obr. 2: graf poločasu rozpadu ^{137m}Ba

Obr. 3: detektor a čítač

Diskuse

Díky přesnosti našeho měření jsme určili poločas rozpadu ^{137m}Ba takřka bez odchylky. Oproti ^{137m}Ba se měření zaktivovaného Ag tabulkovým hodnotám tolik nepřibližovalo. Myslíme si, že nepřesnosti byly způsobeny odhadem při rozkladu složené rozpadové křivky a zdržení při běhu přes překážky v laboratoři, kvůli kterému jsme byli nuceni neběžet s plíškem rovně, ale museli jsme přeskakovat botník plný chemických a gumových bot ☺.

3 Shrnutí

Touto laboratorní prací jsme ověřili základní chování částic při jaderných přeměnách. Naučili jsme se, že prvky mohou mít více stabilních izotopů a je možné je jadernými reakcemi přeměnit na radioaktivní. Například stříbro s izotopy ^{107}Ag a ^{109}Ag na radioizotopy ^{108}Ag a na ^{110}Ag. Ukázali jsme si základní funkci radionuklidového generátoru a ověřili poločas rozpadu ^{137m}Ba.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali celé Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za poskytnutí šance podílet se na tomto projektu. Zvláště děkujeme Ing. Mojmíru Němcovi, Ph.D. za skvělé zavedení do problematiky jaderné chemie a vstřícný přístup.

Reference:

[1] Praktikum z jaderné chemie, kolektiv katedry jaderné chemie, úloha 10
URL: http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/Uloha_10.PDF

[2] Praktikum z jaderné chemie, kolektiv katedry jaderné chemie, úloha RG Ba
URL: http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/RG_Ba.PDF

Causality and Quantum Theory

Filip Široký, Jana Brabencová, Kristýna Drastichová, Hana Nováková
Gymnázium Jana Blahoslava, Ivančice
Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha 4
Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha 4
Masarykovo gymnázium, Příbor

siroko.daleko@seznam.cz
jaana12@seznam.cz
kristyna.drastichova@gmail.com
hanicka.novacka@gmail.com

Abstract:
This miniproject is focused on causality in quantum mechanics and its relation to Bell´s theorem and inequalities. We realised that causality can sometimes violate in quantum theory. Bell´s calculations can be used to estimate whether the quantum system is causal or not.

1 Introduction

According to theory of relativity any massive object or information can´t reach or exceed the speed of light because it would violate causality. In quantum mechanics some systems might violate direct causality because of entanglement.

2 Heisenberg uncertainty principle

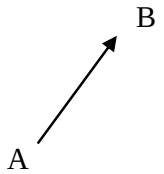
We can´t know the position and the momentum in the same time:

$$\Delta x \, \Delta p \geq \hbar/2$$

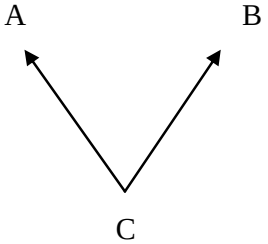
where x is the position of the particle
where p is the momentum of the particle
The Heisenberg uncertainty is a consequence of measurement disturbing the state of the particle.

3 EPR paradox

EPR paradox is named after Einstein, Podolsky and Rosen.
Quantum mechanics predicts the existence of correlated particles which violate direct causality.
Causality is correlation between two events.



Direct effect



Particles A and B share common past.
This type is still possible.

4 Bell

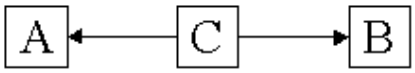
If we assume common cause correlations, equations like

$$p(\boldsymbol{n_1},\boldsymbol{n_2}) + p(\boldsymbol{n_2},\boldsymbol{n_3}) \geq p(\boldsymbol{n_1},\boldsymbol{n_3}),$$

must hold. But quantum mechanics violates (some) of these inequalities.

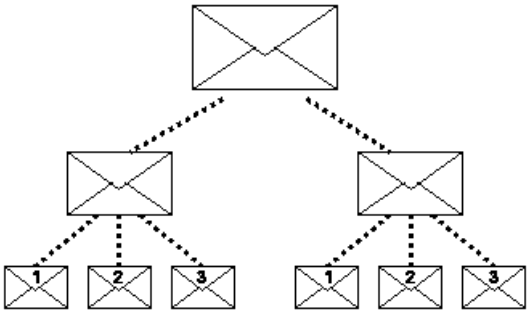
5 Thought experiment

The experiment is helpful to demonstrate an example of Bell´s inequalities. In the experiment are figuring three people: Alice, Bob and Charlie. Charlie can communicate with Alice and



Bob but they can´t communicate with each other.

Charlie prepares big envelopes which each contain two medium envelopes and each medium envelope contains three small envelopes. These are numbered from 1 to 3 and each contains one blue or red coin.



Alice and Bob receive medium envelopes from Charlie. They open these envelopes and choose one of the 3 smallest. If Alice opens her small envelope she realises what Bob has in his own envelope, because she can´t have the same variation like Bob.

They keep repeating this experiment. Each time they write down number of the small envelope and colour of the coins and thus they create a chart.

Alice	Bob
1b	2r
3r	1b
2b	3r
1r	3r
2r	1b

where *r* is red colour
and *b* is blue colour

In three small envelopes of two colours can be four states:

w_a	rrr	bbb
w_b	rbr	brb
w_c	rrb	bbr
w_d	rbb	brr

The probability of Alice choosing the first envelope and finding a red coin and Bob choosing the first envelope and finding a red coin is zero

$$p(1r, 1r) = 0.$$

The probability of Alice choosing the second envelope and finding a red coin and Bob choosing the second envelope and finding a blue coin is given by this equation

$$p(2b, 2r) = 1/18,$$

because there are 3 small envelopes to pick the probability is

$$p(1b, 3r) = (W_c + W_d) / 18.$$

Now we can prove one of the Bell´s inequalities. For example,

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

leads to

$$1/18(W_b + W_d) + 1/18 (W_b+W_c) \geq 1/18(W_c +W_d)$$

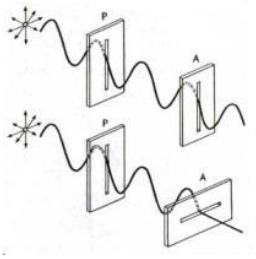
This simplifies to

$$W_b \geq 0,$$

which is always true.

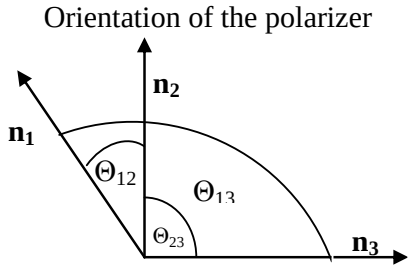
6 Polarization

Polarization is an attribute of waves that can oscillate with more than one orientation. Photons also have polarization.



Vertical

Horizontal



Quantum mechanics probability:

$$q(\boldsymbol{n_1},\boldsymbol{n_2}) = 2/9 * 1/2\ (1-\cos\theta_{12})$$

Testing Bell´s inequality:

$$q(\boldsymbol{n_1},\boldsymbol{n_2}) + q(\boldsymbol{n_2},\boldsymbol{n_3}) \geq q(\boldsymbol{n_1},\boldsymbol{n_3})$$

Simplified:

$$\cos\theta_{12} + \cos\theta_{23} \leq \cos\theta_{13} + 1$$

When

$$\theta_{12} = 45^{\circ}$$

$$\theta_{23} = 90^{\circ}$$

$$\theta_{13} = \theta_{12} + \theta_{23} = 135^{\circ}$$

the inequality is false: $\sqrt{3} \leq 3/2$

That means Bell´s inequality is violated so causality in relativistic physics is also violated. In the other two arrangements of inequalities the Bell´s inequality is true so the causality in relativistic physics isn´t violated.

7 Conclusion

We have mathematically proved that Bell´s inequalities are sometimes false in quantum systems. We have discovered that causality doesn´t apply every time.

Acknowledgements

We would like to thank the Czech Technical University in Prague and the Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering for their support in the Week of Science. We would like to thank our supervisor, MSc. Aurél Gábris, PhD, for his support in the field of modern quantum theories and their detailed explanation. We also wish to explicitly thank Ing. Vojtěch Svoboda for the organization of the whole Week of Science.

References:

[1] HTTP://WWW.HRASKO.COM/XAKNAK.PHP?DOCID=10015

[2] HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BELL%27S_INEQUALITY

[3] HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/POLARIZATION_%28WAVES%2

Použití metody Monte Carlo pro určení kritického stavu jaderného reaktoru

Dan Humpál[1]; Jan Batysta[2]
[1]Gymnázium Christiana Dopplera; Praha
[2]Gymnázium J. V. Jirsíka; České Budějovice
dan.humpal@gmail.com

Abstrakt:

Naše práce se zabývala kritickým stavem lehkovodního jaderného reaktoru. Kritický stav reaktoru je moment, kdy v prostředí zůstává konstantní množství tepelných neutronů, tudíž se štěpná reakce udrží při stálém výkonu. Naše práce se zabývala analýzou vlivu vybraných parametrů na jeden z koeficientů zpětných vazeb. Analýza se zakládala na výpočtech v kódu SERPENT.

1 Teorie

Klíčové pro naši práci bylo, jakým způsobem fungují jaderné reaktory. Základním faktorem při štěpné reakci je tak zvaný „efektivní koeficient násobení“. Jde o veličinu, která určuje poměr počtu neutronů ve dvou po sobě jdoucích generacích.

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$$

V případě, že koeficient je roven jedné, je reaktor v kritickém stavu. U hodnoty menší než jedna, jde o stav podkritický, naopak v případě hodnoty větší než jedna jde o stav nadkritický.

Moderátor je látka, která dokáže zpomalit neutron na energii, při které je schopen s velkou pravděpodobností štěpit jádra U-235. V našem případě funguje jako moderátor lehká voda. Moderátor má schopnost jak neutrony zpomalit (žádaný jev), tak absorbovat (nežádaný jev). Při malém objemu moderátoru není dost neutronů zpomaleno na udržení štěpné reakce, tento systém se nazývá podmoderovaný. Při příliš velkém objemu bude naopak větší pravděpodobnost pro absorbování tepelných neutronů v moderátoru, tento systém se nazývá přemoderovaný.

Množství moderátoru je ovlivněno především změnou jeho hustoty. Pokud teplota vody stoupne v přemoderovaném reaktoru, její hustota se zmenší a bude pohlcovat méně neutronů. Tím vzroste efektivní koeficient, což povede k dalšímu zvýšení výkonu a tím i teploty. Pokud reaktor bude podmoderovaný a stoupne teplota, nebude se zpomalovat dost neutronů, sníží se výkon a teplota se dostane do normálu. Tomuto jevu se říká dutinový koeficient zpětné vazby. Návrh reaktoru je třeba připravit s ohledem na bezpečnost celého systému. Proto se používá podmoderováný systém, který sám reguluje přehřátí.

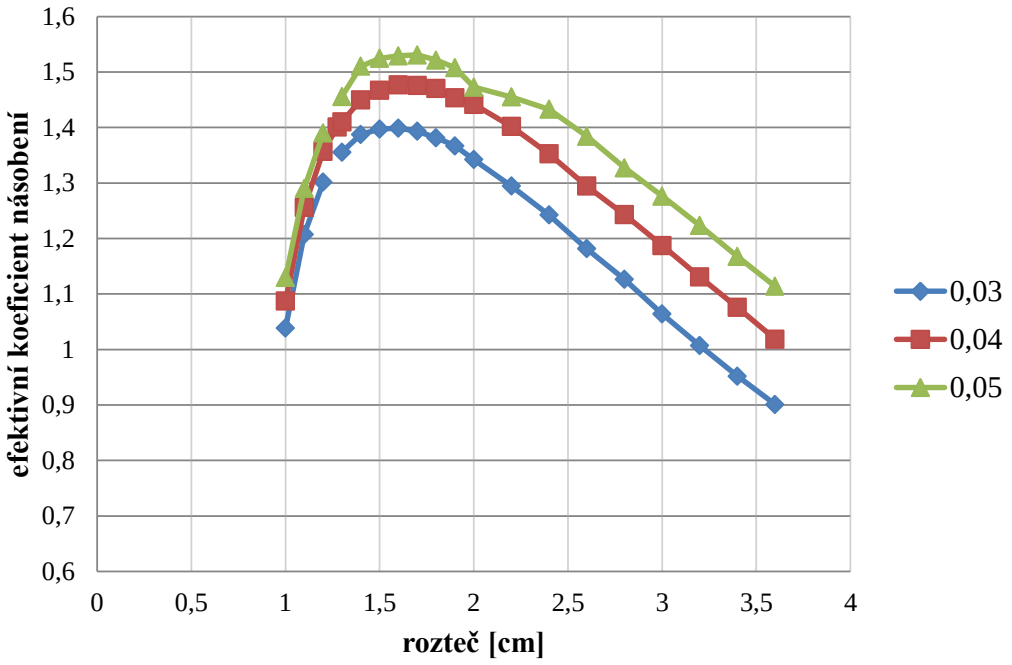
2 Simulace

Výpočty byly prováděny kódem Serpent (verze 1.1.19), jenž je založený na metodě Monte Carlo.

Simulaci jsme prováděli v jednoduchém geometrickém prostředí. Pro zjednodušení jsme uvažovali palivový proutek nekonečný v axialním směru. Tento proutek byl obklopen příslušným množstvím vody, která zde působila jako moderátor. Buňka, jež určuje objem moderátoru, měla šestiúhelníkový tvar. Tato konfigurace simuluje reálné trojúhelníkové rozprostření proutků. Hranice šestiúhelníkové buňky jsou definovány jako periodické, tedy neutrony se místo opuštění oblasti vrací z opačné strany. Tímto postupem simulujeme nekonečnou mřížku.

Pomocí Serpentu jsme počítali efektivní koeficient násobení při změně významných parametrů: objem moderátoru, obohacení paliva, koncentrace absorbátoru a teplota moderátoru a paliva.

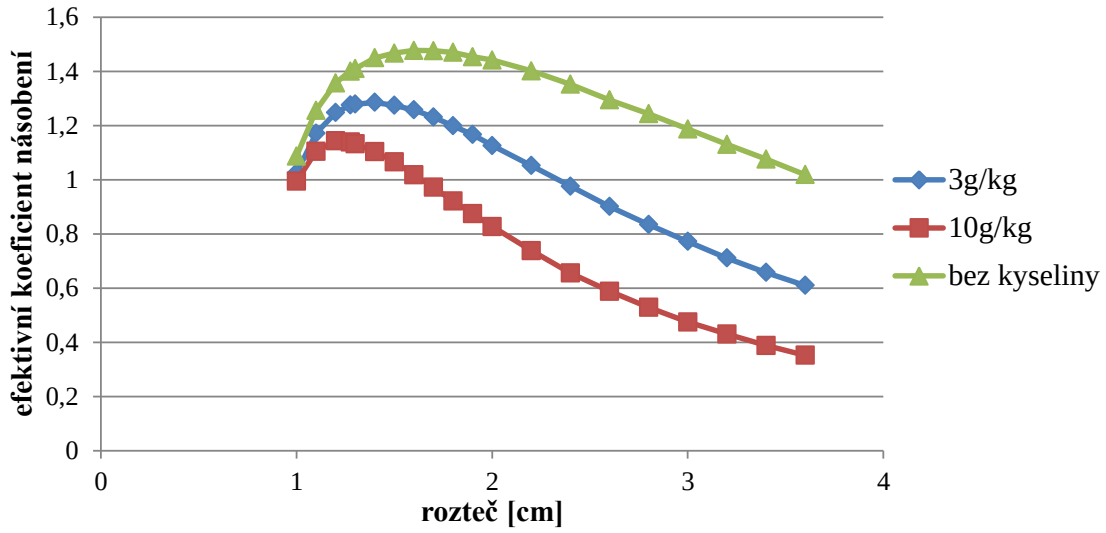
V první simulaci jsme hledali dutinový koeficient zpětné vazby pro různě obohacené palivo. Výsledky první simulace jsou zobrazené na Grafu 1.



Graf 1 – *Graf závislosti efektivního koeficientu násobení na velikosti rozteče pro různě obohacené druhy paliva; výsledky simulace byly vypočteny kódem Serpent verze 1.1.19*

Z grafu je patrné, že čím více palivo bohatší na U-235, tím vyšší je hodnota efektivního koeficientu násobení za dané rozteče.

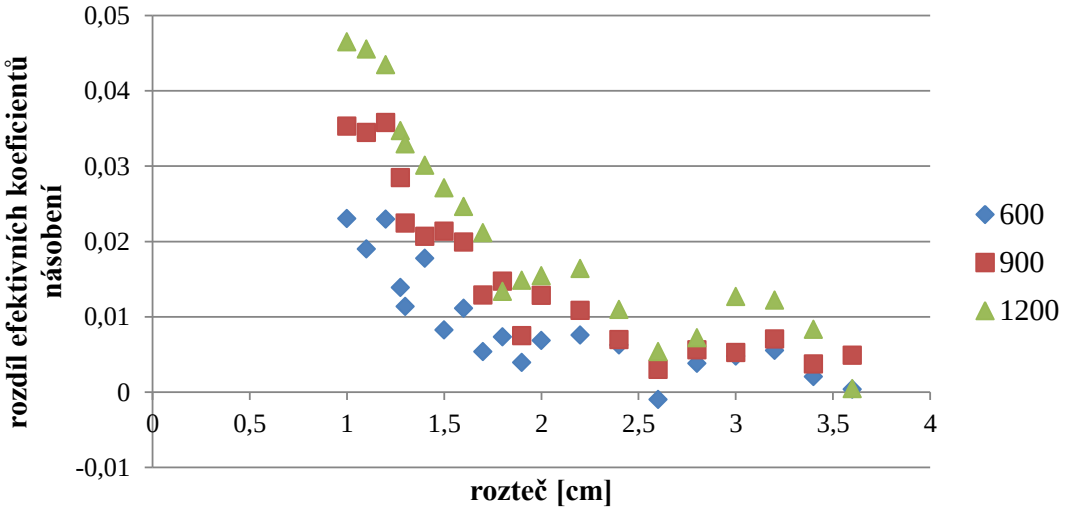
Při druhé simulaci jsme zohledňovali výši koncentrace kyseliny borité H_3BO_3 jako absorbátoru na efektivní koeficient násobení. Zde jsme však nebrali v potaz různé obohacení paliva.



Graf 2 – *Graf závislosti efektivního koeficientu násobení na velikosti rozteče pro různé hodnoty koncentrace kyseliny borité; výsledky simulace byly vypočteny kódem Serpent verze 1.1.19*

Z výsledků simulace je zřejmé, že absorbátor v podobě kyseliny borité H_3BO_3 významně snižuje efektivní koeficient násobení simulované štěpné řetězové reakce. Dalším významným výsledkem simulace je fakt, že s rostoucí koncentrací absorbátoru je maximální hodnota dosažená při nižších roztečích. Porovnání výsledků simulace s parametry reálného provozu (rozteč 1,275 cm) ukazuje, že zvyšování koncentrace kyseliny borité může způsobit přemoderování systému.

Naše třetí simulace ukazuje vliv teploty systému a zvýšení teploty paliva oproti naší první simulaci při daných hodnotách rozteče



Graf 3 – *Graf rozdílů efektivních koeficientů násobení v závislosti na velikostech rozteče pro různé teploty paliva; výsledky simulace byly vypočteny kódem Serpent verze 1.1.19*

Simulace ukazuje, že při simulaci štěpné řetězové reakce nelze zanedbávat vliv teploty prostředí. Dále ze simulace vyplývá, že se stoupající roztečí palivových proutků se snižuje vliv teploty prostředí na štěpnou reakci. Graf také ukazuje, že s rostoucí teplotou vliv na efektivní koeficient násobení roste.

3 Závěr

Provedené jednoduché simulace ukazují, že námi zkoumané faktory mají významný vliv na určování parametrů dutinového koeficientu zpětné vazby. V reálném je nelze zanedbat. Výsledky jednotlivých výpočtů mají předpokládaný charakter. Z hlediska bezpečnosti je nutné provozovat reaktory v podmoderovaném stav. Ze získaných výsledků vyplývá, že při rozteči proutků, která je používána v JE Temelín, je přemoderování systému dosaženo pouze v případě vysoké koncentrace kyseliny borité. Takto vysoká koncentrace kyseliny borité není při provozu reaktoru dosahována. Skutečná hodnota efektivního koeficientu násobení je ovlivněna i dalšími parametry.

Poděkování

Rádi bychom tímto poděkovali Ing. Lence Heraltové za její neúnavnou podporu a pomoc při rozšiřování vědomostí a pomoc při simulacích a výpočtech.

Gamma spektrometrie, určení rozpadových prvků pomocí epitermálních a termálních neutronů na kanálu HK1

Supervisor:

Vojtěch Motyčka, vojtamotycka@gmail.com

Účastníci miniprojektu:

V. Fišer, Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha, tydlitele@gmail.com
J. Krejčí, Gymnázium Mikuláše Koperníka Bílovec, honz.krejci@seznam.cz
A. Ryška, Střední průmyslová škola Zlín, alesh.ryska@gmail.com
O. Vrba, SPŠE Ječná 30 Praha 2, vrba.ondrej@gmail.com

1 Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s principy neutronové aktivační analýzy za pomoci termálních a epitermálních neutronů na experimentálním kanálu HK1 z reaktoru LVR-15 v Centru výzkumu Řež s.r.o. Tuto metodu jsme využili k určení atomárního složení zkoumaných vzorků a k různých výrobě radionuklidů.

2 Úvod

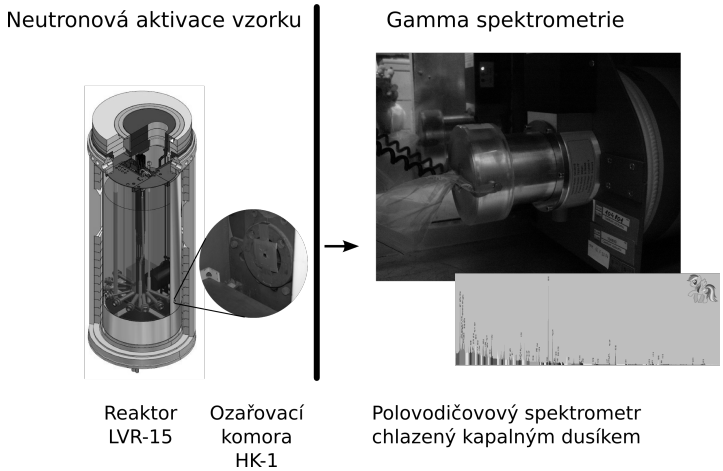
Neutronová aktivační analýza je invazivní metoda, která kombinuje metodu neutronové aktivace se spektrometrií záření gamma. Pracovali jsme se třemi vzorky: vzorek ethalonu [1], váleček a neznámá hornina. Experiment sestával ze 2 částí: 1. ozáření zkoumaného materiálu termálními[2] a epitermálními neutrony[3], 2. analýza materiálu gamma spektroskopií a stanovení atomárního složení vzorku.

Neutronová aktivace je založena na záchytu moderovaného neutronu v jádře atomu a následného vzniku radioizotopu s nukleonovým číslem o 1 větší, který se samovolně rozpadá za uvolnění ionizujícího záření.

Gamma spektometrie je analytická metoda zabývající se měřením energie emitovaného gamma záření z aktivovaného vzorku a zanesení naměřených dat do histogramu - gamma spektra. Toto spektrum je využito ke stanoveno atomárního složení aktivovaného vzorku.

3 Postup práce

Zkoumané vzorky jsme upevnili na podložku a vložili do ozařovacího kanálu HK1. Následně byly po předem určenou vzorky ozařovány kolimovaným svazkem neutronů, které vznikly moderací[4] rychlých neutronů z aktivní zóny. Dále byly vzorky analyzovány pomocí gamma spektrometru (nejdříve byl analyzován kalibrační vzorek, kterým byl přístroj zkalibrován) a výstupem jsou přiložená gamma spektra, ze kterých jsme pomocí nuklidové karty a databáze radionuklidů určili atomární složení vzorku.



[1] Tento vzorek byl použit pro kalibraci spektrometru, protože jeho atomární složení je známo.
[2] Termální neutrony jsou neutrony o energii 0,002eV-0,5ev.
[3] Epitermální neutrony jsou neutrony o energii 0,5eV-10000eV.
[4] Jako moderátor byla použita demineralizovaná reaktorová voda.

3.1 Určení atomárního složení vzorku

V gamma spektru nalezneme peaky - hodnoty energií záření charakteristické pro rozpad radionuklidu (který má o 1 nuklid více než zkoumaný vzorek). Z těchto peaků lze z databáze (nebo nuklidové karty) určit vzniklý radionuklid a ze vzniklého radionuklidu původní materiál.

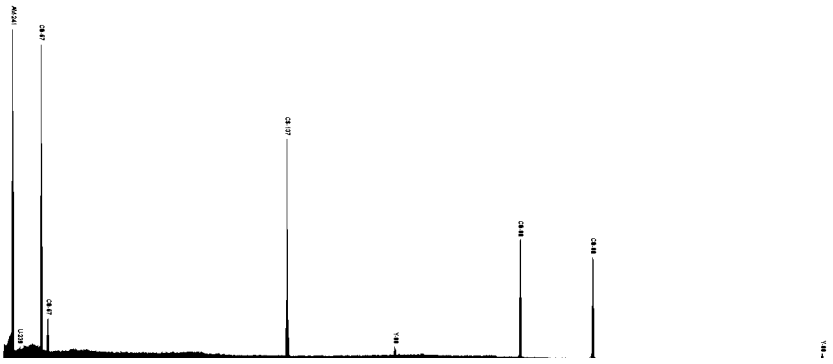
4 Výsledky

vzorek	doba ozáření	aktivita po ozáření	aktivita 15 min po ozáření	aktivita 3h po ozáření
váleček	15 min	20 μS	43μS	neměřeno
ruda	34 min	1600 μS	neměřeno	256 μS

4.1 Složení etalonového zářiče

Hlavní peaky

Nuklid	aktivita (kBq)	poločas rozpadu(dny)
$_{241}$Am	56, 9	157800
$_{57}$Co	50, 1	271, 26
$_{60}$Co	53, 12	1925, 4
$_{137}$Cs	51, 19	11019

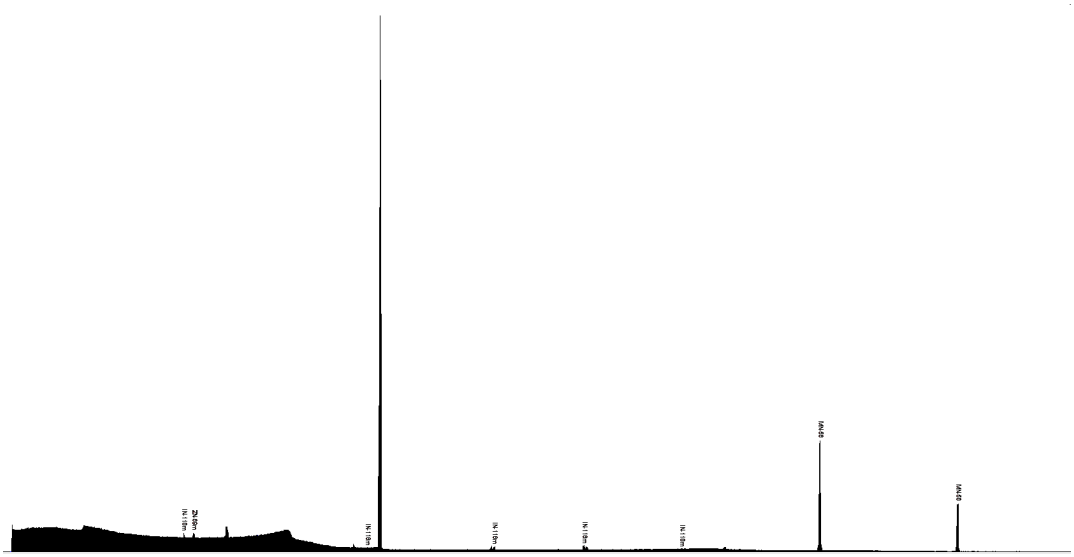


Gamma spektrum etalonu

4.2 Složení válečku

Hlavní peaky

Nuklid	aktivita (mBq)	poločas rozpadu(hod)
$_{56}$Mn	5464	2,5
$_{116}$In	52,8	0,905
$_{69}$Zn	15,83	56,4



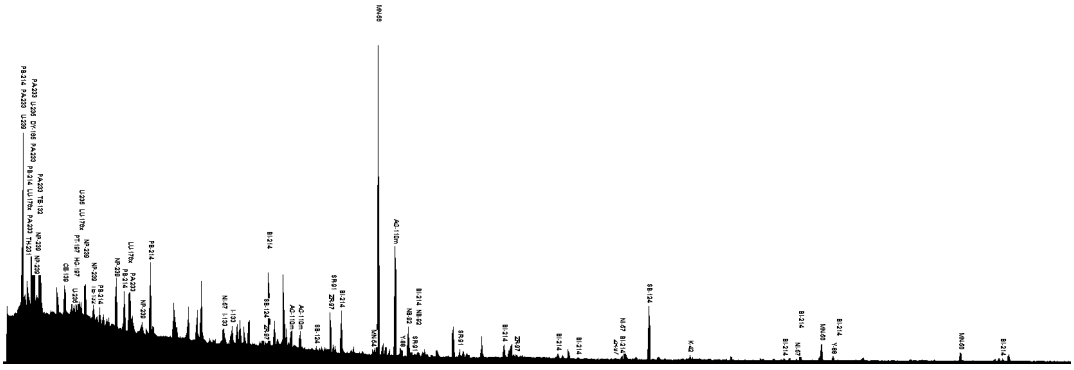
Gamma spektrum válečku

4.3 Složení rudy

Hlavní peaky

Ačkoliv u tohoto vzorku je mnoho peaků, z důvodů omezeného místa uvedeme pouze 8 nejdůležitějších.

Nuklid	aktivita (Bq)	poločas rozpadu
$_{214}$Pb	$5,45 \cdot 10^5$	26,8min
$_{239}$U	$7,46 \cdot 10^4$	23,45min
$_{235}$U	$8,31 \cdot 10^2$	$7,04 \cdot 10^8$let
$_{239}$Np	$5,23 \cdot 10^4$	2,35 dne
$_{110}$Ag	$5,26 \cdot 10^4$	249 dní
$_{214}$Bi	$9,81 \cdot 10^4$	19,9 min
$_{132}$Te	$1,99 \cdot 10^5$	3,2 dne
$_{176}$Lu	$5,53 \cdot 10^3$	3,66 h



Gamma spektrum rudy

Z uvedených dat a přiložených spekter jsme pomocí karty nuklidů určili naše neznámé vzorky jako iridiový váleček a ruda smolinec.

5 Diskuze

Naše práce se nevyhnula drobným komplikacím, nejzásadnější z nich jsou: měnící se proud neutronů, upevňovací materiál, nemožnost analyzovat vzorek neznáme rudy ihned po ozáření. Asi největším problémem na který jsme narazili byl peak na energii 2114 keV ($_{56}$Mn), který byl přítomný ve všech spektrech. Po důkladném průzkumu jsme došli k závěru, že tento mangan vznikl z aktivovaného upevňovacího materiálu, kterým byl náš vzorek v kanálu upevněn. Z důvodu krátkodobé odstávky reaktoru a jeho následném spuštění jsme neměli k dispozici stabilní svazek neutronů, což způsobilo jistou nerovnoměrnost ozáření vzorku. Poslední z problémů byla

nemožnost analyzovat vzorek smolince ihned po ozáření, což bylo způsobeno velkou aktivitou vzorku ($1,2$mS 32 vteřin po ozáření), která byla způsobena rychle se rozpadajícími izotopy.

6 Závěr

Všechny cíle našeho miniprojektu byly splněny - seznámili jsme se s metodou neutronové aktivační analýzy, provedli jsme kalibraci spektometru a stanovili jsme atomární složení neznámého válečku na iridium a složení neznámé rudy na smolinec. Rovněž jsme předpověděli vznik plutonia po ozáření uranu 238 ($^{238}_{92}U + ^{1}_{0}\,n \rightarrow ^{239}_{93} Np + ^{0}_{-1}\,e \rightarrow ^{239}\,94Pu + ^{0}_{-1}\,e$). Rovněž jsme si ověřili zákony radioaktivních přeměn a rozpadové řady.

Na celém experimentu nás nejvíce překvapila ruda, kterou jsme ozařovali, protože její aktivita byla v porovnání s ostatními vzorky obrovská.

7 Poděkování

Rádi bychom poděkovali především našemu supervisorovi Vojtěchu Motyčkovi, který nám umožnil vypracovat tento miniprojekt a který svými cennými radami podporoval naši "badatelskou"činnost. Ing. M. Vinšovi a Ing. V. Klupákovi bychom chtěli poděkovat za to, že nás provedli po jejich pracovišti a poskytli nám veškerou možnou podporu při ozařování a analýze vzorků. Dále chceme poděkovat Ing. V. Svobodovi, CSc. a všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce, bez kterých bychom neměli šanci se této výborné akce zúčastnit.

Rake probe

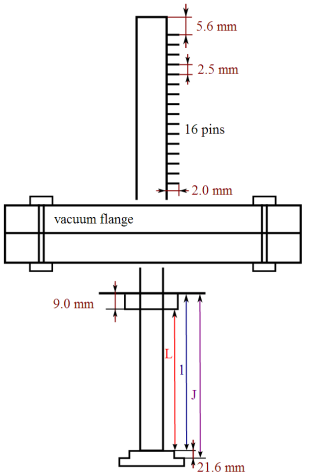
Vojtěch Cahlík[1], Štěpán Štěpán[2], Zora Venerová[3], Daniel Vlček[4]
[1]Gymnázium Karla Sladkovského, Praha; vojtechchalik@gmail.com
[2]Jiráskovo gymnázium, Náchod; setapannadruhou@seznam.cz
[3]Gymnázium Křenová 36, Brno; zora.venerova@gmail.com
[4]Gymnázium Teplice; daniel.vlcek1@gmail.com

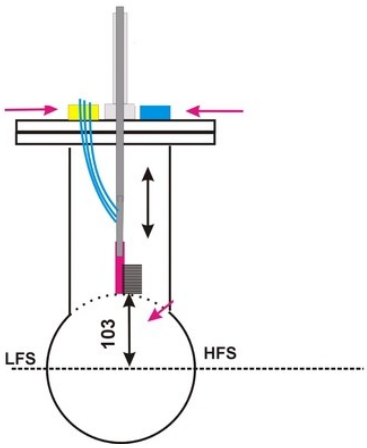
Abstrakt:

Na Týdnu vědy na FJFI jsme vytvořili pracovní skupinu s názvem „Rakeprobe“, která se skládala ze 4 účastníků vedených supervizorem. V naší práci jsme se zabývali charakteristikou plazmatu při různých polohách sondy v tokamaku GOLEM, jejím vlivu na „double breakdown“. Naměřili jsme hodnoty plovoucího napětí a iontového saturačního proudu na hrotech sondy a tyto hodnoty jsme vynesli v grafu v závislosti na hloubce zasunutí sondy do tokamaku. Zjistili jsme, že průběh plazmatického výboje nebyl dramaticky narušen až do vzdálenosti 60 mm od středu komory, kdy se naměřené hodnoty začaly výrazně lišit.

1 Úvod

Sondová měření patří k základním diagnostikám fyziky plazmatu. Lze z ní určit plovoucí napětí a saturační proud, případně hustotu a teplotu plazmatu. Naším cílem bylo proměřit radiální profily plovoucího potenciálu a iontového saturačního proudu, který je úměrný hustotě. Také jsme se chtěli zjistit, jak hluboko do plazmatu můžeme sondu zasunout, aniž bychom výrazně změnili přesnost měření. K našim výsledkům jsme dospěli posouváním sondy blíže středu komory tokamak při jednotlivých výbojích a následným porovnáním výsledků.





[1]

2 Rake probe

- Materiály a metody
- Výsledky
- Diskuse

Základními potřebami pro praktickou realizaci našeho projektu byl tokamak GOLEM, hřebínek langmuirových sond (Rake probe – RP) a počítač na zpracování výsledků. Při měření jsme postupovali následovně.

a) Prvně jsme udělali několik zkušebních výbojů, z nichž jsme vybrali kandidáty s vhodnými parametry.

b) Poté jsme proměřili charakteristiku

   a. První referenční výboj – výboj bez sondy

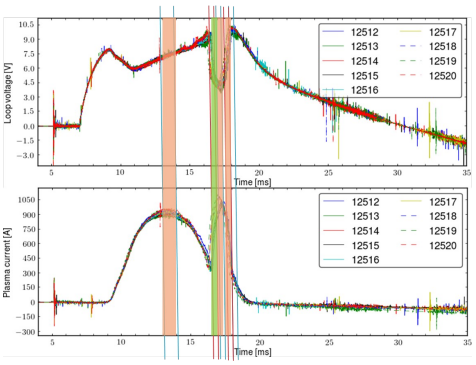
   b. Série. Proměřili jsme sérii, kdy jsme po jednotlivých výbojích posunuli sondu vždy o 5 mm ke středu komory. Sondou jsme měřili ve vzdálenosti mezi 75 až 60 mm od středu komory (pro polohu prvního hrotu RP).

   c. Dva režimy – série jsme udělali jak pro plovoucí potenciál, tak pro iontový saturační proud.

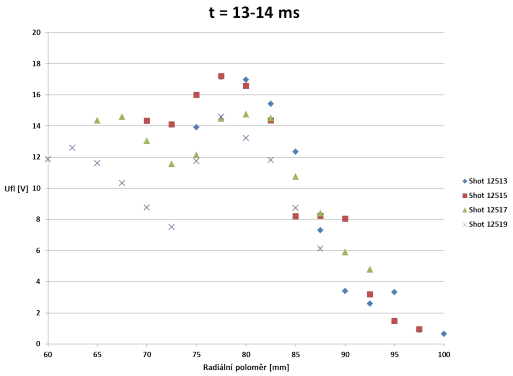
c) Zpracování – výsledky z výbojů jsme pomocí Excelu zpracovali do tabulek a vytvořili grafy.

3 Výsledky

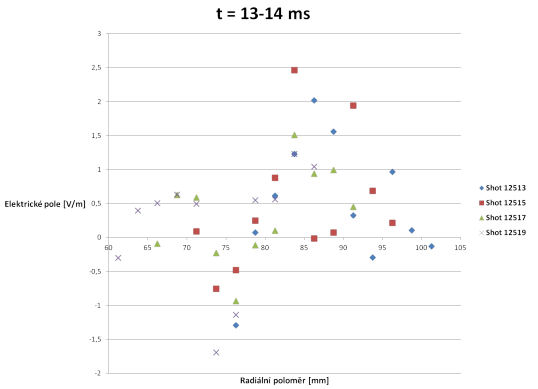
- Změřili jsme průběhy plovoucího potenciálu a iontového saturačního proudu pro režim s tzv. dvojitým průrazem.
- Profily plovoucího potenciálu, iontového saturačního proudu a radiálního elektrického pole jsme udělali pro různé časové úseky vyznačené na grafu 1
- Pro kvazistacionární část výboje vychází závislosti „rozumně“ to znamená, že hodnoty z jednotlivých poloh sondy jsou konzistentní. Během skoku se hodnoty rozhodí a po druhém průrazu se charakteristiky opět uklidní.
- Práce je shrnuta na wiki stránce. [2]



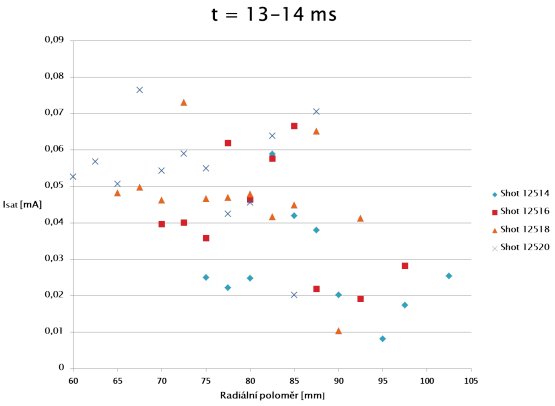
Graf 1



Graf 2



Graf 3



Graf 4

4 Závěr

Osvojili jsme si měření charakteristik okrajového plazmatu v tokamaku pomocí elektrostatické sondy. Proměřili jsme plovoucího potenciálu, iontového saturačního proudu a radiálního elektrického pole jsme udělali pro různé časové úseky.

5 Poděkování

Děkujeme za Ing. Vojtěchovi Svobodovi, CSc. za poskytnutí prostředků k našemu výzkumu. Dále bychom chtěli poděkovat naší supervizorce Janě Brotánkové, PhD za odbornou konzultaci a rady při získávání podkladů pro náš výzkum

6 Reference:

[1] http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Diagnostics/ParticleFlux/RakeProbe/index

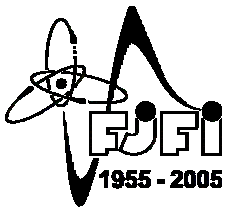
[2] http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/SCIWEEK/13/RakeProbe/index

[3]http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/GOMTRAIC/13/Probes/PresentationKickOff/GOMTRAIC_Presentation_Final.pdf

Matematické modelování ***Fyzika v medicíně*** ***Laserová fyzika*** ***Informatika a software***

Jaderná chemie

Fyzikální vlastnosti materiálů ***Elementární částice*** ***Optoelektronika*** ***Jaderná bezpečnost a ekologie***



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Českého vysokého učení technického v Praze

VŠ vzdělání v moderních oborech s tradičně vysokou úrovní

Praktické aplikace přírodních věd

Charakteristika studia na FJFI

- ♣ velmi pestré spektrum oborů a zaměření
- ♣ celou řadu studijních oborů a zaměření lze v ČR studovat výhradně na FJFI
- ♣ zapojení studentů do různých 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
- ♣ plný přístup k moderním technologiím, k výpočetní technice a Internetu
- ♣ individuální a neformální kontakt studentů s jejich 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

Uplatnění absolventů FJFI

- ♦ absolvent FJFI nemá problém s uplatněním - může měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; využít teorie grafů v bankovních operacích, na burze či při mariáši; 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.

♥ užitečná adresa pro další informace:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
pedagogické oddělení
Břehová 7, 115 19 Praha 1
tel. 222 310 277, fax: 222 320 861
www.jaderka.cz; www.fjfi.cvut.cz

Zájemce o studium zveme k návštěvě tradičně konaných Dnů otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F pro přípravu ke studiu na technických VŠ (od listopadu do března).

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENŘSKÁ
Českého vysokého učení technického v Praze
(FJFI ČVUT)

reprezentuje relativně mladé a dynamické pedagogické a vědecké centrum zaměřené především na hraniční témata mezi moderní vědou a její praktickou aplikací. Skládá se z deseti kateder: matematiky, fyziky, jazyků, inženýrství pevných látek, fyzikální elektroniky, materiálů, jaderné chemie, dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, jaderných reaktorů a katedry softwarového inženýrství v ekonomii.

FJFI byla založena v roce 1955 pod původním názvem Fakulta technické a jaderné fysiky jako součást Univerzity Karlovy v Praze, ale v roce 1959 se stala novou fakultou Českého vysokého učení technického v Praze. Její vznik přímo souvisel se zahájením československého jaderného programu, pro který bylo zapotřebí vybudovat vysoce kvalitní vědecká a pedagogická pracoviště. Brzy se však ukázalo, že jaderná technika není jen záležitost jaderných oborů, ale že vyžaduje úzké propojení přírodovědných oborů, matematiky, fyziky a chemie s technickou praxí. Tak se fakulta dostala na rozhraní našich dvou tradičních vysokých škol, univerzity a techniky, jako fakulta fyzikálně inženýrského charakteru.

V padesátých létech se na fakultě studovaly především jaderné obory – jaderná fyzika, jaderná chemie a jaderné inženýrství, v šedesátých létech byla nabídka přednášených oblastí rozšířena o fyziku pevných látek, fyzikální elektroniku a materiálové inženýrství. Zaměření fakulty se také začalo rozšiřovat o nové fyzikální aplikace, např. o fyziku plazmatu, lasery, kosmický výzkum, atd.

Postupně rostl zájem o matematické aplikace, což v sedmdesátých letech vedlo k založení nového oboru - matematického inženýrství. Poslední desetiletí je potom charakteristické nástupem zájmu o nejrůznější partie informatiky (nový obor inženýrská informatika) a prudkým zvyšováním množství aplikací do zdánlivě vzdálených oblastí (medicína, ekologie, ekonomie, architektura, apod.).

Díky své struktuře, velikosti i personálnímu obsazení dokázala FJFI v průběhu let pružně reagovat na rozvoj vědy, technologií i měnící se požadavky praxe zřizováním nových studijních oborů a zaměření.

Fakulta se postupně stala významným pedagogickým a vědeckým pracovištěm s velmi širokým rozsahem aktivit v oblasti inženýrských aplikací přírodních věd. Je proto jen přirozené, že se při volbě názvu studijního programu, který je na fakultě akreditován, dospělo k názvu Aplikace přírodních věd. Na druhé straně název fakulty zůstává beze změny, přestože již plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu různých zaměření. Hlavním důvodem je oprávněná hrdost na trvalou vysokou kvalitu absolventů fakulty, na dobrý zvuk konstatování, že někdo je „jaderňák“. Tradiční název fakulty tak představuje něco jako ochrannou známku.

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalář, navazující magisterské studium - titul inženýr). Standardní délka studia je 3 roky v bakalářském programu a 3 roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek je možno absolvovat bakalářský + navazující magisterský program během pěti let. Navazující magisterský program mohou studovat i bakaláři z jiných škol. Kreditní systém umožňuje absolvovat studijní programy i za delší dobu než standardní délka. Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové (závěrečné) práce. Tato práce má tvůrčí

charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe.

Fakulta dále organizuje doktorské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba: přímé zapojení studentů do řešení vědeckých-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Výzkum (a výuka) na fakultě v současné době tématicky 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.

Řešení výzkumných projektů probíhá ve spolupráci s předními domácími i zahraničními pracovišti. Fakulta spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami (např. Université de Montréal, Université de Paris, aj.) a vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a mezinárodními organizacemi typu CERN, ÚJV Dubna apod. Na mnoha těchto aktivitách se podílejí i studenti, a to jak v rámci různých studijních pobytů, tak i při řešení vědeckých projektů.

FJFI disponuje několika unikátními výzkumnými zařízeními – např. školním jaderným reaktorem VR-1, řádkovacími elektronovými mikroskopy, vysokovýkonnými laserovými systémy, speciálními počítačovými laboratořemi, laserovou družicovou zaměřovací základnou v Helwanu (Egypt), apod.

Již řadu let na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT. Jedná se o neziskovou organizaci, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Snaží se především starat o kolegy studenty – organizuje celoškolní anketu týkající se kvality jednotlivých vyučovaných předmětů, spolupracuje na propagaci fakulty a aktivně se podílí na komunikaci studentů s pedagogy. Pro studenty prvního ročníku vydává “Jaderňáckého průvodce po fakultě a okolí”, jenž jim pomáhá v orientaci v novém prostředí. Každoročně také pořádá letní studentskou konferenci TCN. Do vysokoškolského studia se však především snaží vnést i trochu neformálnosti a zábavy. Jmenujme například neoficiální vítací akci pro začínající studenty s názvem “Bažantrikulace” či “Všejadernou fúzi” - sešlost všech bývalých, současných i budoucích “jaderňáků” (ples, jehož součástí je však také amatérské divadelní představení v podání studentů fakulty či soutěž pro všechny účastníky). FJFI vnímá aktivity Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.