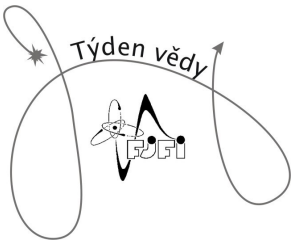
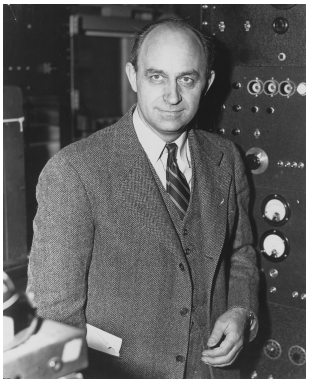


Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2012

Týden vědy na Jaderce

Sborník příspěvků

17.-21.červen 2012

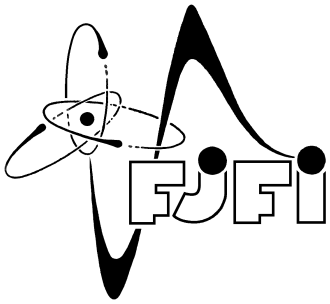


"Při experimentování máte dvě možnosti: Pokud výsledek potvrzuje hypotézu, udělali jste měření. Pokud však výsledek hypotéze odporuje, tak jste udělali objev.."
Enrico Fermi (70 let od spuštění prvního jaderného reaktoru 1942 v Chicagu)

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 51 miniprojektů, 13 exkurzí a 16 přednášek pro 173 studentů z 82 gymnázií.
- Setkání FJFI s mladými badateli se letos konalo čtrnáctým rokem. Dle našich záznamů tu máme minimálně 51 studentů, kteří tu přijíždí podruhé .. poněkolikáté. Těší nás, že máte potřebu se k nám takhle vracet.
- Dovolte mi tradičně poděkovat na tomto místě jmenovitě především Ondřeji Groverovi, Lence Thinové a Monice Mikšovské, za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci TV. Dále tradičně děkuji všem supervisorům úloh, přednášejícím, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty FJFI a rektorátu ČVUT. Také děkuji všem přátelům, kteří vytvořili neopakovatelnou atmosféru na Welcome párty.
- Dovolte mi osobní poznámku, že zpívat na Welcome párty, mít za sebou kapelu Apples a před sebou křepčící rockery, bude pro mne poměrně důležitá vzpomínka na tento ročník.

Těším se na opětovné setkání s těmi, které tato akce zaujme natolik, že se za rok přihlásí znovu. Takže na shledanou .

20. června 2012

S pozdravem, Vojtěch Svoboda

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní TV.

Očekávání:

- Z uspávače hadů Svobody.
- Klobouk
- Dobrý miniprojekt
- Že se něco nového dozvím
- Cizí jazyk
- Milí/é organizátoři/ky
- Splnění očekávání
- Výbuch
- Poznat přednášející
- After party(velká)

Obavy:

- Z uspávače hadů Svobody.
- Ze splněných očekávání.
- Z brňáků
- Z pražáků.
- Z vidláků.
- Špatný miniprojekt
- Z linuxáků
- Ze splnění obav
- Ranní stávání
- Zombie apokalypsa
- Z upisování
- Spaní na Strahově
- Něco se rozbije

Obsah

Poděkování **3**

Slovo úvodem (do nových kolejí ..) **4**

Program Týdne vědy 2012 **8**

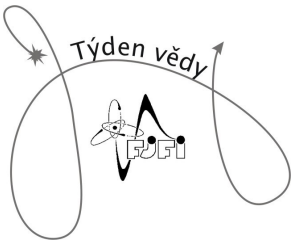
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů **9**

Příspěvky **17**

Simulace provozu JE typu ABWR (Lukáš Čížek,Ondřej Bačo) 17
Balmerova série vodíku (Adam Hložný,Matej Oravec,Marek Koščo) 21
Modified cuckoo search (Ráchel Sgallová,Eduard Kutaš,Jan Premus) 24
Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů (Jiří Záhora,Tomáš Jakubec,Šárka Lýsková) 28
Dimionové spektrum na LHC (Tadeáš Kmenta,Jan Kubát,Jiří Marek) 32
Jak chránit DNA před zářením (Rastislav Čermák,Jiří Kratochvíl,Vít Kanclíř) 36
Dualismus vln a částic (Jan Horáček,Jan Jerhot,Jan Hevera,Jan Homola) 40
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Jaromír Kubiena,Viktor Skoupý,Ondřej Bouchala,George Dzhanezashvili) 45
Jak poznat dávku z barvy gelu? (Nikola Závadská,Lubomir Gorbatenkov,Kristína Nešporová,Matěj Račinský) 50
Hašovací funkce - nejaktuálnější téma současné kryptologie (Martin Vančura,Václav Rozhoň,Jiří Hörner) 52
Kukačkové hešování (Lukáš Černý,Matěj Plch,Jaroslav Kňap) 57
Holografie - realizace reflexního hologramu (Richard Hons,Patrik Maraczek,Jakub Bahyl) 61
Kritický stav jaderného reaktoru (Denis Dudáš,Pavel Eichler,Dominik Nedvídek,Jakub Hradil) 64
Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku (Šárka Zbožínková,Lucie Šimková,Martin Caha,Anna Červenková) 68
Základní experimenty s lasery (Martin Malý,Vladislav Matúš,Lukáš Novák,Martin Bouček) 76
Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů (Martin Saip,Lukáš Buchta,Jan Batysta,Adam Přáda) 80
Podivnost na LHC (Jan Krejčí,Lukáš Polcar,Tomáš Novotný,Radek Mahdal,Adéla Miklíková,Jan Mrázek) 83
LINUX Lab (Vojtěch Kessler,Dominik Vít,Jakub Moravec,Jan Koniarik) 87
Jak matematika pomáhá při řešení ekonomických problémů? (Daniel Rizman,Zdislava Vávrová,Veronika Smejkalová,Marek Hovorka) 91
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Petra Vaníčková,Jan Baborák,Richard Krajník,Oleh Molnar) 95
Mlžná komora (Ondřej Kadlec,Filip Peloušek,Lukáš Folwarczný,Samuel Butta) 99
Modelování světla v mikro- či nanostrukturách (Miroslav Hanzelka,Jiří Beran,David Roesel)103
Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání (Petr Hanák,Adam Popelka,Benedikt Spilka,Jakub Celný) 109
Postavte si Nd:YAG laser (Michaela Pospíšilová,Jan Hrach,František Nekovář) 113
Oscilace neutrin (Monika Robotková,David Houška,Jaroslav Štorek,Antonín Krpenský) . . . 117

Určení množství uranu v neznámém vzorku (Jana Jelínková,Jan Vaňourek,Tereza Kurimaiová,Jiří Suchan) . . . 121
Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo (František Falta,Boris Odložilík,Tomáš Bárta) . . . 125
Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce (Adam Rygál,Magdaléna Slunečková,Aneta Šťastná) . . . 129
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Lukáš Vacek,Veronika Chloubová,Marcel Rodák,Jiří Jaskowiec,Daniel Hnyk,Pavla Bérešová) . . . 132
Počítačová grafika - pohled pod pokličku (Vilém Hujňák,Čeněk Škarda,Maryia Khatskevich) 135
Počítačové simulace fyzikálních problémů (Tomáš Zahradník,Jakub Doležal,Jakub Kantner) 139
Seznamte se s polarizací! (Hana Nováková,Ondřej Zeman,Petr Vaněk) . . . 144
Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce (Jan Česal,Monika Rozehnalová,Jana Zemánková) . . . 148
Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn (Anna Hrubá,Kamil Šimeček,Ondřej Fedor,Pavel Suk) . . . 152
Měření kosmického záření (Artemiy Pozdnyakov,Michal Nožička,Veronika Dočkalová,Lukáš Fusek) . . . 157
K čemu vede rozladění laserového rezonátoru? (Jakub Klinkovský,Tomáš Malínský,Josef Jarolímek) . . . 161
RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách (Tomáš Jirman,Michael Pokorný) . . . 164
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Ondřej Vrba,Veronika Chadimová,Hoang Diep Do) . . . 169
Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření (Vojtěch Stránský,Václav Trličík,Michal Račko,Pavlína Pokošová) . . . 175
Měření rychlosti světla (František Hájek,Daniel Vymětal,Tomáš Jáchym) . . . 177
Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů (Jakub Vaith,Vendula Kotyzová) . . . 181
Termoluminiscenční dozimetrie (Ondrej Smugala,Pavel Vrbka) . . . 186
Spektroskopické studie na tokamaku GOLEM (Jiří Kapr,Petr Smísitel,Jiří Nezval,Jaroslav Hujňák,Jakub Dvořák) . . . 190
Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou (Adam Hrnčiřík,Vojtěch Fišer,Martin Cizner,Ivo Fukala,Veronika Sochorová) . . . 193
Zjišťování vertikální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí Mirnovových cívek (Jakub Smrček,Alexandr Zaykov,Kristýna Takáčová,Jan Hladík,Jakub Kvapil) . . . 210
Měření tvrdých rentgenů na tokamaku GOLEM ( ) . . . 216
Simulace provozu JE typu VVER-440 (Jan Maloušek,Jan Petřík,Václav Potužák) . . . 221
Rozpadové poměry W bosonu (Jan Trnavský,Ota Zaplatílek,Martin Florian) . . . 224
Zeemanův jev (Václav Mudra,Andrea Hladíková) . . . 227
Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti? (Eliška Marková,Veronika Stará,Mikuláš Souhrada) . . . 231

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT **235**



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2012

Program Týdne vědy 2012

- Neděle 17.6.

  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).
  13.30-16.30 Ubytování pro mimopražské na Strahově.
  16.30-21.00 Welcome párty (Břehová).

- Pondělí 18.6.

  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: Pozoruhodný svět v NANO dimenzi - posluchárna 115.
  16.30-18.00 Alternativní přednáška: Ing. Tomáš jakoubek: Jak zkoumáme strukturu hmoty v CERNu. - posluchárna 114

- Úterý 19.6.

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

- Středa 20.6.

  9.00-10.30 Ing. Jan Frýbort: Podoby jaderné energie - Trojanova T201
  11.00-12.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení) - Trojanova T201.
  11.00-12.30 Alternativní přednáška: Ing. Kamil Augsten: Experimenty s vysokými energiemi. Detektory a urychlovače ve laboratořích CERN a Fermilab. - Trojanova T112
  11.00-12.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků TV@J: Chcete něco zvědět o studiu na FJFI? - beseda především se studenty FJFI. - Trojanova T204.
  odpoledne Exkurze na vrcholná badatelská pracoviště po Praze

- Čtvrtek 21.6.

  8.00-9.30 Prezentace miniprojektů I (Aula 101 a ostatní posluchárny Trojanova).
  10.00-11.45 Prezentace miniprojektů II (Aula 101 a ostatní posluchárny Trojanova).
  12.30-13.45 Prezentace miniprojektů III (Aula 101 a ostatní posluchárny Trojanova).
  13.45 Závěr (Aula 101).
  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

Nedělní přednášky

- Ondřej Grover: Termojaderná fúze
- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Chemie a záření
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- Ing. Matěj Navrátil: Ionizující záření v medicíně
- Mgr. Jaroslav Bouda: Jaderná energie v životě člověka
- Ing. Katarína Kittanová: Automobilová doprava pod matematickým drobnohledem
- Bc. Martin Veselý: Matematické metody v řízení projektů
- Ing. Marek Škereň, PhD.: Holografie a její moderní aplikace
- Doc. ing. Miroslav Virius, CSc.: Programování pro .NET
- Prof. Ing. Edita Pelantová, CSc.: Prvočíselná dvojčata a jiné noční můry matematiků, aneb problémy, které čekají na Vás

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Ing. Jaroslav Adam: Měření rychlosti světla
- Ing. Tomáš Jakoubek: Dimionové spektrum na LHC
- Ing. Tomáš Jakoubek: Rozpadové poměry W bosonu
- Viktor Löffelmann: Mlžná komora
- Bc. Martin Veselý: Jak matematika pomáhá při řešení ekonomických problémů?
- Bc. Jan Stránský: Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce
- Ing. Jakub Svoboda, PhD., Ing. Martin Possolt: Holografie - realizace reflexního hologramu
- Ing. Milan Květoň, PhD., Ing. Jiří Dědič: Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce
- Ing. Jana Hradilová: Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku
- Ing. Josef Blažej, Ph.D.: K čemu vede rozladění laserového rezonátoru?
- Ing. Tomáš Odstrčil: Spektroskopické studie na tokamaku GOLEM
- Ing. Michal Odstrčil: Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou
- Bc. Tomáš Markovič: Zjišťování vertikální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí Mirnovových cívek
- Ondřej Grover: Měření tvrdých rentgenů na tokamaku GOLEM
- Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
- ing. Mojmír Němec, Ph.D.: Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
- ing. Filip Novotny: Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
- Ing. Petr Sedlák: RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
- Ing. Ondrej Huml: Určení množství uranu v neznámém vzorku
- Ing. Petr Průša: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Tomáš Urban: Termoluminiscenční dozimetrie
- Ing. Kateřina Vávrů: Jak poznat dávku z barvy gelu?
- Ing. Ján Kubančák: Měření kosmického záření
- Jana Crkovska: Podivnost na LHC

- Bc. František Batysta: Postavte si Nd:YAG laser
- Bc. Jiří Slabý: Modelování světla v mikro- či nanostrukturách
- Ing. Lubomíra Balková, Ph.D.: Hašovací funkce - nejaktuálnější téma současné kryptologie
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu VVER-440
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu ABWR
- Ing. Lucie Štolcová: Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání
- ing. Hynek Lavička PhD.: Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů
- ing. Hynek Lavička PhD.: Počítačové simulace fyzikálních problémů
- Ing. Martin Suchopár: Kritický stav jaderného reaktoru
- Ing. Jaroslav Nejdl, Jan Hřebíček (FZU AV ČR): Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů
- Ing. Jaroslav Nejdl: Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření
- Ing. Pavel Strachota: Počítačová grafika - pohled pod pokličku
- Ing. Jan Mach: LINUX Lab
- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- doc. Dr. RNDr. Miroslav Karlík: Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Ing. Jan Adámek: Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Ing. Michal Jelínek: Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund
- Mgr. Aleš Vetešník, Ph.D.: Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením
- Ing. Kateřina Pachnerová Brabcová, PhD.: Jak chránit DNA před zářením
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Kukačkové hešování
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Modified cuckoo search
- Ing. Olga Hájková: Seznamte se s polarizací!
- Ing. David Tlustý: Balmerova série vodíku
- Ing. David Tlustý: Zeemanův jev
- Ing. Jaroslav Adam: Dualismus vln a částic
- Kamila Šrámková: Základní experimenty s lasery

- Bc. Michal Křelina: Oscilace neutrin
- Ing. Petr Ambrož, Ph.D.: Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

MINIKONFERENCE - Trojanka, čtvrtek:

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Kristína Nešporová
8:00 Podivnost na LHC
8:15 Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce
8.30 Zjišťování vertikální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí Mirnovových cívek
8:45 Termoluminiscenční dozimetrie
9:00 Simulace provozu JE typu VVER-440
9:15 Počítačové simulace fyzikálních problémů

Paralení přednášky - seminární místnost 204

Chairperson: Ondřej Bouchala
8:00 Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo
8:15 Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
8.30 K čemu vede rozladění laserového rezonátoru?
8:45 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
9:00 RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
9:15 Kukačkové hešování

Paralení přednášky - seminární místnost 205

Chairperson: Tomáš Bárta
8:00 Seznamte se s polarizací!
8:15 Modified cuckoo search
8.30 Hašovací funkce - nejaktuálnější téma současné kryptologie
8:45 Simulace provozu JE typu ABWR
9:00 Jak matematika pomáhá při řešení ekonomických problémů?
9:15 Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Anna Hrubá
10:00 Mlžná komora
10:15 Holografie - realizace reflexního hologramu
10:30 Měření tvrdých rentgenů na tokamaku GOLEM
10:45 Měření kosmického záření
11:00 Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů
11:15 Postavte si Nd:YAG laser

Paralení přednášky - seminární místnost 204

Chairperson: Martin Caha

10:00 Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
10:15 Určení množství uranu v neznámém vzorku
10:30 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
10:45 Jak poznat dávku z barvy gelu?
11:00 Mikroskopie v materiálovém výzkumu
11:15 Zeemanův jev

Paralení přednášky - seminární místnost 205

Chairperson: Marcel Rodák

10:00 Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů
10:15 Dualismus vln a částic
10:30 Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření
10:45 Počítačové zobrazování fraktálních množin
11:00 Jak chránit DNA před zářením
11:15 Balmerova série vodíku

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Miroslav Hanzelka

12:15 Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou
12:30 Dimionové spektrum na LHC
12:45 Spektroskopické studie na tokamaku GOLEM
13:00 Měření rychlosti světla
13:15 Počítačová grafika - pohled pod pokličku

Paralení přednášky - seminární místnost 204

Chairperson: Andrea Hladíková

12:15 Modelování světla v mikro- či nanostrukturách
12:30 Rozpadové poměry W bosonu
12:45 Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
13:00 Základní experimenty s lasery
13:15 LINUX Lab

Paralení přednášky - seminární místnost 205

Chairperson: Lukáš Folwarczný

12:15 Oscilace neutrin
12:30 Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund
12:45 Kritický stav jaderného reaktoru
13:00 Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce
13:15 Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání

Společné přednášky v Aule 101

13:30 zakončení

Letošní TV je opět doprovázen CD.

Miniprojekt FRAKTÁLY: Principy zobrazování a aproximace některých zvláštních geometrických objektů označovaných jako fraktální množiny. Tyto objekty studujeme v souvislosti s některými nelineárními jevy v oblasti fyziky, chemie, biologie a také společenských věd. Bývají také spojovány s chaotickým chováním některých deterministických systémů, např. v meteorologii, v chemických reakcích nebo proudění tekutin.

Simulace jaderné elektrárny typu ABWR

Lukáš Čížek SPŠ SE Dukelská České Budějovice, cizelu@gmail.com
Ondřej Bačo Gymnázium Třebíč, baco.ondra@gmail.com

Abstrakt:

Vyzkoušeli jsme si řízení jaderné elektrárny s reaktorem typu ABWR při havarijním stavu, kdy došlo k poruše napájecích čerpadel, a dále nouzové odstavení reaktoru.
Při prováděném pokusu jsme sledovali průběhy výkonů, tlaků a teplot v okruhu elektrárny.

1 Úvod

Jaderná elektrárna typu ABWR (s pokročilým varným reaktorem) navazuje na předchozí typ BWR, který byl poprvé civilně použit roku 1960 v USA. Od té doby tento typ reaktoru prošel mnoha inovacemi, a tak je oproti staršímu BWR systému podstatně bezpečnější.

Typ ABWR je jediný jaderný reaktor třetí generace, který se dnes běžně využívá (zejména v Japonsku). Naznačil tím směr, kterým by se mohl ubírat vývoj ostatních typů jaderných reaktorů.

Naším úkolem bylo seznámení s tímto typem reaktoru pomocí počítačového simulátoru, sledování jeho chování při různých podmínkách a stavech provozu.

2 Jaderná elektrárna s reaktorem typu ABWR.

Jaderná elektrárna s varným reaktorem využívá k výrobě tepelné energie, která se přeměňuje s pomocí turbíny na elektrickou, obohaceného uranu o izotop $_{235}U$, který se štěpí v jaderném reaktoru.

Jak již název napovídá, přímo v reaktoru dochází k varu chladící kapaliny - vody, jež zároveň slouží jako moderátor štěpné reakce. Z tohoto důvodu je důležité řídit hladinu vody v reaktoru *(optimálně 13,4m, kritické hodnoty jsou 11m a 14,5m)*, protože při nízké hladině není zajištěno dostatečné chlazení aktivní zóny a naopak při vysoké hladině může dojít ke kontaktu vody s turbínou a k jejímu následnému poškození.

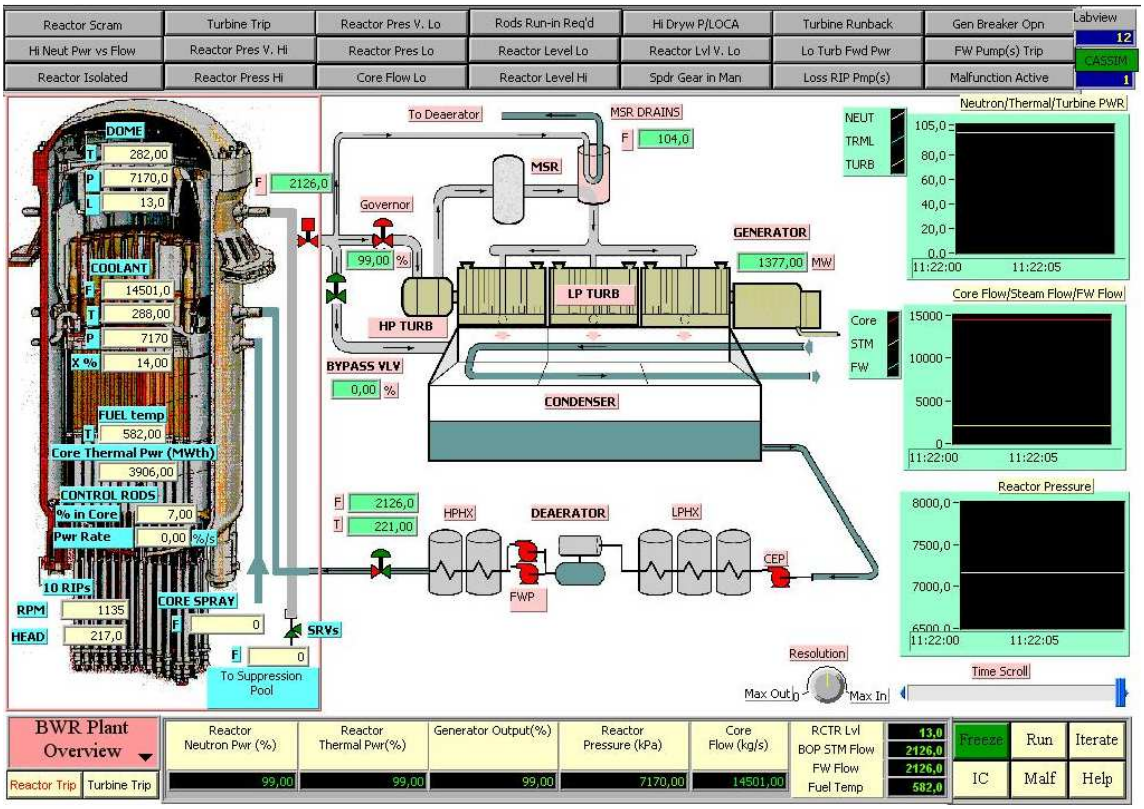
Toto řešení reaktoru také neumožňuje použít regulační tyče, které se zasouvají shora, protože přímo v reaktoru se nachází separátor vodní páry. Proto je zasouvání tyčí řešeno hydralaulickými a elektrickými systémy, které tyče vsunují do aktivní zóny vertikálně vzhůru.

Pára vyvinutá v reaktoru poté proudí přímo do vysokotlakého dílu turbíny, kde předá nejvíce své energie. Dále směřuje do separátoru, kde se pára přihřeje a odloučí se z ní vodní kapky, jež by mohly způsobit poškození turbíny, a ze separátoru-mezipřihřívače do trojice nízkotlakých dílů turbíny. Za nízkotlakými díly se nachází kondenzátor, kde vodní páry zkondenzují. Poté ji pohání kondenzátní čerpadlo do mezipřihřívačů, které upraví její

parametry na takové, aby mohla být opět použita k chlazení aktivní zóny reaktoru. Tím se zvýší účinnost reaktoru.

Jak je zřejmé z předchozího popisu, elektrárna využívá jen primární okruch. Takové řešení má své výhody i nevýhody. Mezi výhody patří jednodušší konstrukce *(proto i příznivější investiční náklady oproti nejrozšířenějšímu typu PWR)*, nepatrně vyšší účinnost a a v jistých parametrech lepší bezpečnost. Naopak nevýhodou je zanášení celého systému radioaktivitou, která se uvolňuje z aktivní zóny. Proto je nutné odstínit větší části elektrárny *(oproti PWR)*, aby nedocházelo k ozáření zaměstnanců.

K regulaci výkonu lze použít regulační tyče, průtok vody (a tedy i vzniklé páry) reaktorem, obsah kyseliny borité v chladící kapalině.



(Úvodní obrazovka z požítačového simulátoru ABWR-IAEA Generic Boiling Water Reacot)

3 Havarijní odstavení bloku zasunutím regulačních

Regulační tyče se používají k řízení štěpné reakce. Jsou tvořeny z izotopů zpomalující a pohlcující neutrony, v našem případě z B_4C (karbid boru). Proto se tyto tyče používají i k zastavení štěpné reakce a úplnému odstavení reaktoru, což bylo právě mým úkolem.

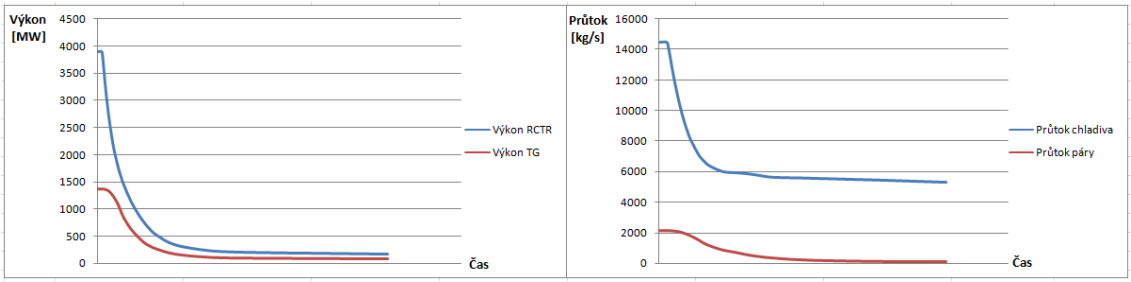
Po naběhnutí reaktoru na plný výkon (teplený $3900MW_T$, elektrický $1380MW_e$) a po ustálení na této hodnotě bylo vsunuto všech osm svazků regulačních tyčí. Bylo možné sledovat prudký pokles neutronového výkonu, který se během 500ms přiblížila k hodnotám okolo 0 a dále klesal. Tato změna měla exponenciální průběh.

Dále jsme sledovali průběh výkonů, teplotu chladiva a průtok vody a páry. I po přerušení štěpné reakce se uvolňuje do okolí aktivní zóny reaktoru značná tepelná energie,

které stále generuje páru a roztáčí turbogenerátor. S časem se tato energie snižuje. Tato změna má také exponenciální průběh.

Výkon turbogenerátoru neklesá zpočátku tak prudce a drží se několik sekund téměř na plném výkonu, což způsobuje zejména značná setrvačnost soustrojí turbíny, setrvačnost páry v potrubí a dále pára, která se stále vyvíjí v reaktoru.

Snížení průtoku vody zajistí automatický pohon čerpadel, protože by se jednak po zasunutí řídících tyčí značně zvětšil tlak v reaktoru, dále je potřeba snížit energetickou spotřebu bloku, protože již jeho účelem není vyrábět elektrickou energii, ale chladit aktivní zónu.

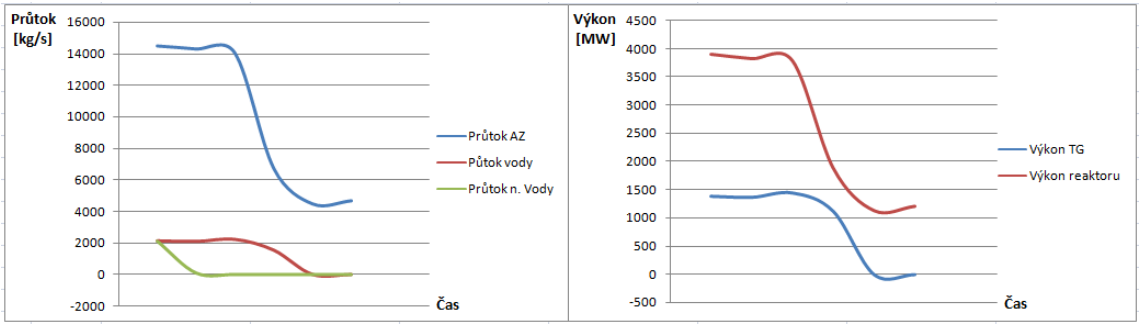


4 Havárie napájecích čerpadel

Naším druhým pokusem byla simulace výpadku napájecích čerpadel a opět sledování jeho vlivu na celý systém. Zejména jsme se soustředili na veškeré průtoky a výkony, tlak , hladinu a suchost (procentuelní zastoupení páry).

Sled událostí po zastavení čerpadel byl velmi rychlý. Okamžitě po výpadku došlo ke vsunutí a opětovnému vytažení regulačních tyčí, což způsobilo krátkodobý nárůst výkonu turbogenerátoru, nárůst tlaku a množství páry v reaktoru. Mezitím došlo k téměř úplnému zastavení přítoku vody z kondenzátorů a poklesu hladiny vody v reaktoru na kritickou hranici deseti metrů.

Jakmile došlo k tomuto poklesu byly do reaktoru vstřeleny regulační tyče a zastavily tak veškeré probíhající reakce. Tím dochází k postupnému zastavení turbíny, v reaktoru již není žádná pára. Termální výkon reaktoru se snižuje s mnohem větší setrvačností. Aktivní zónou však stále prochází voda jejíž koloběh zabezpečuje deset interních čerpadel.



5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Ing. Dušanovi Kobylkovi za vysvětlení a pomoc při našich experimentech se simulátorem reaktoru, dále Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a Českému učení technickému v Praze za organizaci Týdnu vědy.

Dále by jsme chtěli poděkovat všem účastníkům Týdne vědy za pomoc při bloudění po Praze a prvotní oraginazaci v tomto velkoměstě.

6 Reference:

[1] FJFI - KATEDRA JADERNÝCH REAKTORŮ

[2] IAEA *Boiling water reactor simulator* Workshop material,IAEA 2003

Balmerova séria vodíka

Adam Hložný, Marek Koščo, Matej Oravec
Gymnázium, Varšavská cesta 1, Žilina
a.hlozny@gmail.com, marek.kosco@gmail.com,
matoravec@gmail.com

Abstrakt:

Cieľom nášho projektu bolo skúmanie spektrálnych čiar prvkov, cez ktoré prechádza elektrický prúd (elektróny). Konkrétne sme sa zaoberali spektrálnymi čiarami vodíka a ortuti. Pomocou týchto nameraných veličín sme mohli odvodiť grafy a dokázať platnosť vzťahov pre balmerovu sériu.

1 Úvod

Balmerova séria je séria spektrálnych čiar v spektre atómov vodíka, ktorá vznikajú pri prechode elektrónov medzi druhou energetickou hladinou a vyššími hladinami. Keď atómu vodíka dodáme energiu, tak prechádza do vzbudenej formy, pričom má tendenciu deexcitovať a pri tejto fáze vyžaruje fotóny v určitých vlnových dĺžkach, ktoré sme my následne schopní pozorovať vďaka lomu svetla na hranole zo skla s vysokým indexom lomu, kde sa fotóny s rozličnými vlnovými dĺžkami lámu pod rôznymi uhlami. Tieto uhly vieme merať s presnosťou na jednu uhlovú sekundu vďaka goniometro-spektrometru.

Prvé štyri čiary Balmerovej série ležia vo viditeľnej oblasti spektra, ďalšie čiary série sú v ultrafialovej oblasti spektra. Všetky čiary Balmerovej série sa čoraz viac zhusťujú k hrane Balmerovej série, ktorá má vlnovú dĺžku 364,6 nm.

Balmerova séria je pomenovaná po J. J. Balmerovi (1825 – 1898), ktorý zistil, že jej spektrálne čiary tvoria jednu sériu.

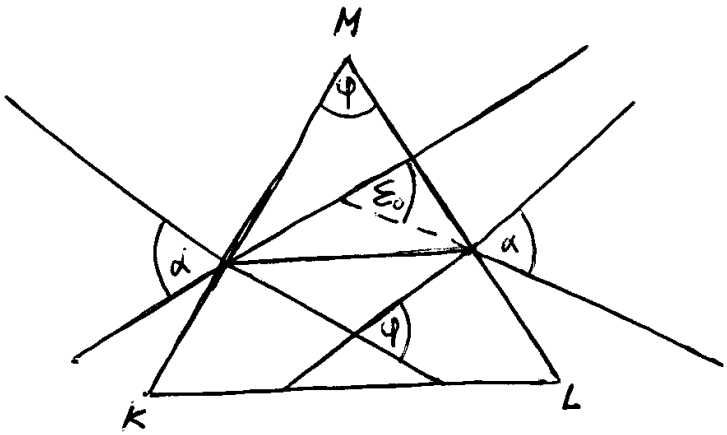
2 Experiment

2.1 Disperzný uhol

Sprv bolo potrebné určiť disperzný uhol hranolu, cez ktorý sme lámali svetlo. Hranol sme položili na stolík goniometro-spektrometru medzi ďalekohľad a kolimátor tak, že uhol potrebný zmerať sa nachádzal v oblasti lomu. Svetlo vyžarované z kolimátora sa cez tento uhol lámalo a dopadalo do oblasti ďalekohľadu. Keď sme teda zarovnali mušku ďalekohľadu a stred nitkového kríža premietaného kolimátorom, mohli sme pomocou odčítania mierky v mikroskopovej časti goniometro-spektrometra presne určiť uhol φ (1), vďaka ktorému sme podľa vzorca odvodeného z goniometrických vzťahov v trojuhoníku (obr.1) vypočítali relatívny index lomu hranolu (2) v závislosti od ulhu disperzie spektrálnej čiary.

$$\varphi = \frac{|d_1 - d_2|}{2} \qquad (1)$$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_0+\varphi}{2}\right)}{\sin(\varphi/2)} \qquad (2)$$



Obr. 1

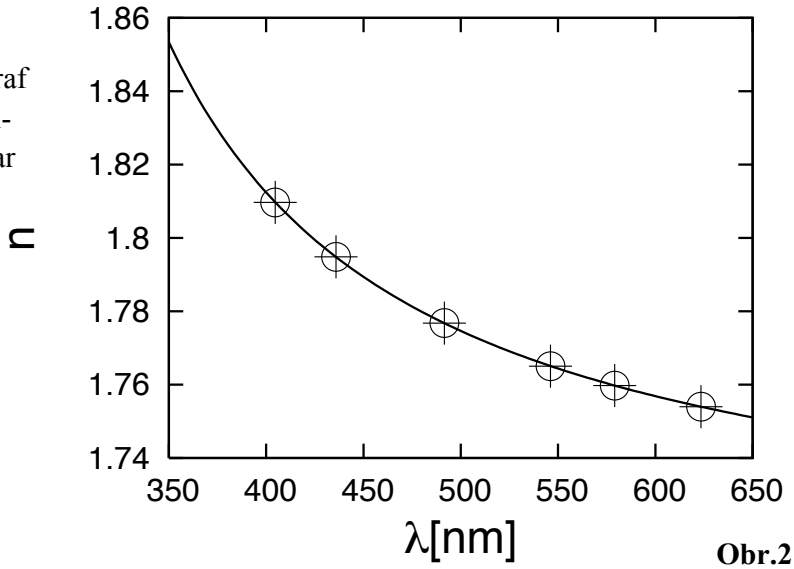
2.2 Meranie

Na výpočet vlnových dĺžok jednotlivých spektier sme využili disperzný vzťah.

$$\lambda = \frac{b}{n-a} + c \qquad (3)$$

Výsledky sme následne fitovali metódou nejmenších štvorcov.

Na obr. 2 je možné vidieť graf závislosti indexu lomu od vlnovej dĺžky spektrálnych čiar



Obr.2

Rovnaký postup bol zvolený aj v prípade vodíka až na to, že pozorovateľné boli iba tri zo štyroch hlavných spektrálnych čiar. (H_α, H_β, H_γ). Bola pozorovateľá aj H_δ, ale veľmi nevýrazne, vzhľadom na to, že má malé zastúpenie v celkovom žiarení. Žiarenie malo pôvod vo vodíkovej výbojke, ktorá mala navonok ružové svetlo. V tabuľke môžete vidieť porovnanie nami nameraných hodnôt s tabuľkovými (hodnoty sú uvádzané v nm).

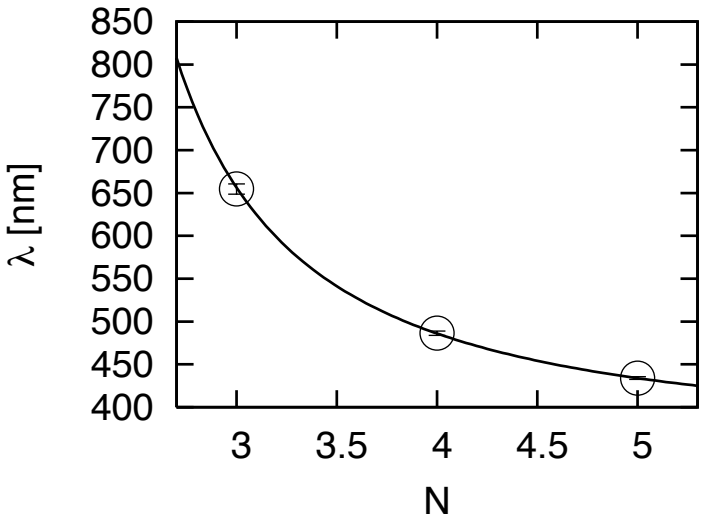
Farba spektr. svetla	Nameraná hodnota	Tabuľková hodnota
Červená	654,5692	656,2785
Tyrkysová	486,3423	486,1327
Fialová	433,9243	434,0466

Pre vyjadrenie vlnovej dĺžky svetla (vyžiareného pri prechode elektrónov látkou), ktorá je závislá od energetickej hladiny, použijeme vzťah, ktorý nám dáva do závislosti energetickú hladinu a vlnovú dĺžku. (4)

$$\lambda(n) = \frac{1}{R}\left(\frac{4N^2}{N^2-4}\right) \qquad (4)$$

Fitovaním dát z tabuľky funkciou (4) dostávame pre Rydberghovú konštantu 10 974 100 $\pm$ 634 m^{-1} (tabuľková hodnota 10 973 731 m^{-1}).

Na obr.3 môžete vidieť graf závislosti vlnovej dĺžky spektrálnych čiar od hlavného kvantového čísla hladiny, z ktorej sa elektrón premiestňuje.



Obr.3

3 Zhrnutie

Spoznali sme pre nás nový prístroj – goniometer-spektrometer, pochopili sme jeho mechanizmus a naučili sme sa, na čo ho využívať pri meraní rôznych údajov pri lámaní svetla. Naše namerané hodnoty sa od tabuľkových líšili minimálne.

4 Poďakovanie

Naša vďaka patrí nám pridelenému supervísorovi Ing. Davidovi Tlustému ako aj FJFI ČVUT za poskytnutie priestorov, materiálu, techniky a organizáciu Týždňa vedy.

Referencie:

[1] KF: Návod ke goniometru: Přesny goniometr-spektrometr S Go 1.1
URL: http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Hardware/Goniometr/goniometr.pdf - verze z 14.2.2011
[2] http://sk.wikipedia.org/wiki/Balmerova_s%C3%A9ria

Cuckoo search

J. Premus – Mendelovo gymnázium v Opavě, janpremus@seznam.cz
E. Kutaš – Bilingválne gymnázium M. Hodžu, eduardk13@gmail.com
R. Sgallová – Gymnázium Ch. Dopplera, rachel.sgallova@centrum.cz

Abstrakt:

Cílem miniprojektu byla implementace metody cuckoo search, která je používána k hledání globálních minim funkcí o mnoha proměnných. Tuto jsme následně otestovali na několika problémech z oborů matematiky, fyziky a ekonomie.

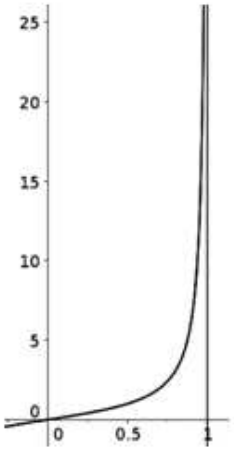
1 Úvod

V současné době se řada metod, používaných k hledání optimálních řešení, inspiruje přírodou. Jednou z těchto metod je *Cuckoo Search* (CS).

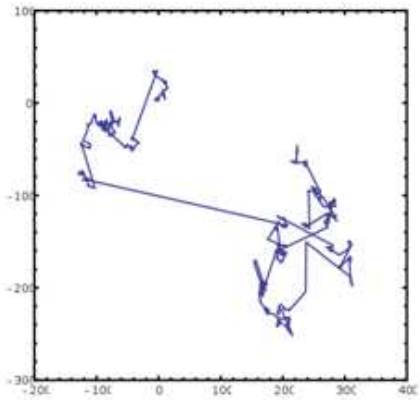
Inspirací při vytváření CS bylo chování kukaček. Na nich je zajímavá především jejich agresivní strategie při reprodukci. Některé druhy kukaček totiž kladou vejce do hnízd cizích druhů. Proto jsou přizpůsobena jak vejce (zbarvení skořápky), tak ptáčata. Ta se líhnou většinou o několik dní dříve než potomci hostitelského druhu, mohou tak ostatní vejce rychle odstranit z hnízda. Jsou schopna také napodobovat volání mláďat hostitele. Z těchto důvodů je hostitelé nejsou většinou schopni rozeznat od vlastních a krmí je až do dospělosti. V případě nedostatečných mimiker však mohou být vejce opuštěna.

2 Lévy flight

Lévy flight (LF) je specifickou metodou volby náhodných kroků, která se vyznačuje nelineárním rozdělením pravděpodobnosti, jeho ukázka je v grafu 2. LF má nekonečný průměr a standardní odchylku. To v praxi znamená, že délka letu kukaček je ve většině případů velmi malá (viz graf 1), ale existuje šance, že kukačky přeletí velkou vzdálenost. Pro výpočet délky jsme použili následující vzorec: $y = T \tan\left(\frac{\pi}{2} x\right);\ x \in (0,1)$.



Graf 1



Graf 2

3 Cuckoo Search

CS je optimalizační metoda, jejím účelem je tedy nalezení optimálního řešení. To je na funkci většinou zobrazeno jako globální minimum. U mnoha obvyklých optimalizačních metod typu gradientní metody nebo Monte Carlo ale může nastat problém, kdy se postup zasekne v lokálním minimu. Pravděpodobnost výskytu této chyby se zvyšuje s počtem minim, tedy se složitostí optimalizační úlohy.

V CS je to řešeno tak, že je konfigurační prostor prohledáván na více místech najednou. Uvažujeme N hnízd, každé na jiném místě v prostoru, ve kterém je umístěno vejce kukačky. Vejce je tedy definované vektorem $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, ..., x_P)$, kde P je počet nezávislých proměnných a funkční hodnotou F_x (tzv. *fitness*) v tomto bodě. Hnízda si podle F_x můžeme seřadit od nejkvalitnějšího (pokud bychom se drželi přirovnání ke kukačkám, tak se jedná o vejce s nejlepšími mimikrami). Množství A nejméně kvalitních vajec bude opuštěno, a kukačka musí zvolit jiné náhodné hnízdo - $\boldsymbol{x}$.

Navíc je během cyklu vybráno jedno náhodné hnízdo, ze kterého je proveden LF, k nové pozici přiřadíme F_x a její novou hodnotu porovnáme s fitness jiného náhodně vybraného hnízda - F_y. Pokud je F_x kvalitnější než F_y , nahradíme hnízdo $\boldsymbol{y}$ hnízdem $\boldsymbol{x}$.

Náhodný posun a opuštění hnízd je opakováno M krát.

Algoritmus naší metody tedy vypadá takto:

```
Náhodně naplň N hnízd xi , i = 1,2,. . .,n
Pro všechna xi spočítej fitness Fi = f (xi)

  while j < M do

  Vyber náhodné hnízdo xk
  Vytvoř hnízdo xl pomocí LF z xk
  spočítej fitness Fl
  Vyber náhodné hnízdo xo

       if (Fl > Fo ) pak
       xo = xl
       Fo = Fl
       end if
```

```
    Seřaď hnízda podle Fi

    Opusť A nejméně kvalitních hnízd.
    Vytvoř A nových hnízd pomocí LF, spočítej jejich Fi

    end while

  Seřaď hnízda podle Fi
  Vypiš hnízdo s nejlepší Fi
```

4 Řešené problémy

Program, který jsme vytvořili na základě metod popsaných v kapitolách 2 a 3, jsme dále otestovali na těchto problémech:

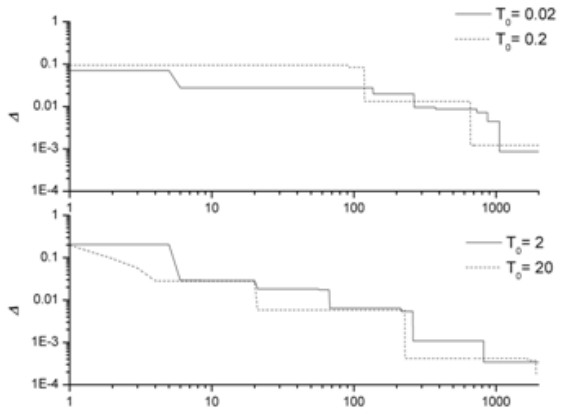
1. Určení nejmenšího možného povrchu kvádru, pokud známe jeho objem
2. Určení největšího možného zisku při určitých podmínkách (lineární programování)
3. Určení vlastností radioaktivního materiálu na základě zadaných dat (nelineární regrese)

4.1 Určení nejmenšího povrchu kvádru, pokud známe jeho objem

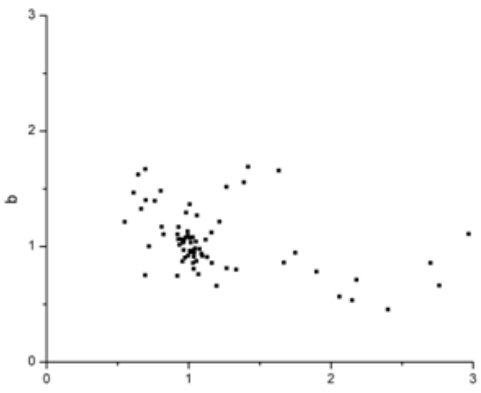
Máme zadán objem V, víme, že V = *a b c*, kde *a*, *b*, *c* jsou strany kvádru. Hledáme co nejmenší hodnotu povrchu *S = 2 (ab + bc + ca)*, která odpovídá V. Uvažujeme tedy funkci *S* = g(*a*, *b*), hodnotu *c* můžeme dopočítat. Řešili jsme pro V = 1.

Tento problém jsme vybrali k otestování funkčnosti algoritmu, protože zde existuje jen jedno minimum, které je snadno dopočitatelné: *a* = *b* = *c* = 1, *P* = 6

Na grafu č. 3 je závislost odchylky nejlepšího hnízda od minima Δ, v závislosti na počtu kroků M (generací), pro jednotlivé délky kroku T_0. Na grafu č.4 je pak graf rozdělení hodnot stran *a* a *b* pro desátou kukačku (jak vidíme z grafu č.1, tak pro první kukačku by u tohoto problému neměl podobný graf smysl – odchylka je od začátku minimální).



Graf 3



Graf 4

Rychlost konvergence k minimu není v tomto problému na kroku T_0 závislá, největší přesnost dávala hodnota T_0 = 2, což je doporučováno literaturou. I desátá kukačka se k minimu v bodě [1;1] přiblížila poměrně rychle.

4.2. Určení největšího možného zisku při určitých podmínkách

Zde simulujeme výrobu zboží. Omezení jsou dána maximální produkcí linek a maximální hodnotou spotřebované energie. Hledáme pak takový poměr mezi množstvím jednotlivých zboží, který povede k největšímu zisku *z*.

Konkrétně jsme použili tyto rovnice:

$x_1 + x_2 \leq 1000$

$3\,x_1 + x_2 \leq 711$

$z = 2\,x_1 + x_2$

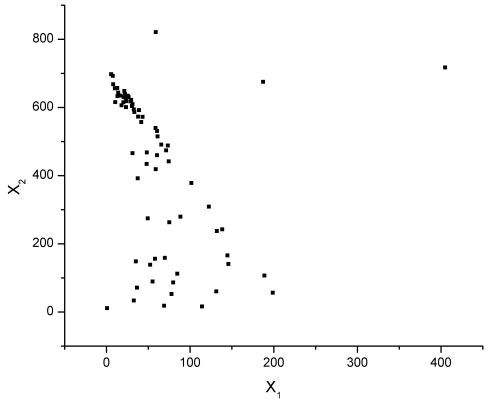
Pokud došlo k přetečení omezujících podmínek, od zisku se odečítala „pokuta“:

$p_1 = \lambda_1 \cdot \max(x_1 + x_2 - 1000, 0)$

$p_2 = \lambda_2 \cdot \max(3\,x_1 + x_2 - 711, 0)$,

kde jsme zvolili konstanty $\lambda_1 = \lambda_2 = 10$.

Program našel optimum pro hodnoty $x_1 = 0$, $x_2 = 711$. Na grafu je opět průběh hledání pro desátou kukačku.



Graf 5

4.3. Určení vlastností radioaktivního materiálu na základě zadaných dat

Vstupem je *B* hodnot radiace *I* v určitých časech *t*. My pak chceme určit klidovou radiaci I_k, poločas rozpadu t_p a počáteční dávka radiace I_0. Z těchto hodnot by pak bylo možno určit o jaký izotop kterého prvku se jedná.

Použili jsme funkci $I = I_k + I_0 + 2^{-t/tp}$. My pak chceme co nejmenší celkovou kvadratickou odchylku I_d vypočtených hodnot radiace $I_v(t)$ od $I(t)$, kdy $I = \sum_{l=0}^{B-1} \left(I_l - I_{v,l}\right)^2$.

Pro hodnoty t = (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36) a I_k = (73, 61, 55, 52, 50, 51, 49) nám vyšly odpovídající hodnoty $I_k = 50$, $t_p = 6$ $I_0 = 23$, což by datům mělo odpovídat.

5 Závěr

V příspěvku jsou shrnuty základní myšlenky metody CS. V rámci miniprojektu jsme pak tuto metodu implementovali a použili na řešení ilustračních problémů. U všech tří problémů dávala metoda velmi dobré výsledky.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi doc. Ing. Jaromíru Kukalovi, Ph.D., za odborné vedení našeho miniprojektu a FJFI ČVUT za organizaci Týdne vědy a poskytnutí prostoru.

Reference:

[1] WALTON, S. – HASSAN, O. – MORGAN, K. – BROWN, M.R.: *Modified cuckoo search: A new gradient free optimisation algorithm* Chaos, Solitons & Fractals 44, 2011

[2] YANG, X.S. – DEB, S.: *Cuckoo Search via Lévy Flights* arXiv, 2010

Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů

J. Záhora, Š. Lýsková, T. Jakubec

Gymnázium B. Němcové Hradec Králové
Všeobecné a sportovní gymnázium Bruntál
Gymnázium Trutnov

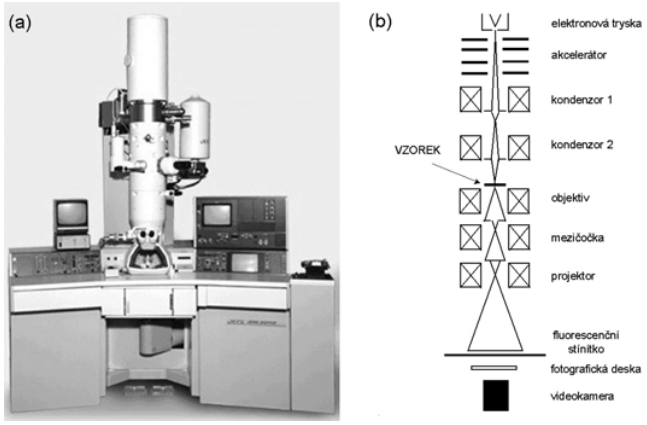
Abstrakt:
V rámci miniprojektu jsme se seznámili s difrakcí elektronů na monokrystalech a polykrystalech. Kromě toho jsme pozorovali poruchy krystalové mřížky, dislokace a částice Al(Mn,Fe)Si ve slitině Al-Mn-Zr, která se používá pro lamely automobilových chladičů. Z difraktogramů monokrystalu jsme určovali krystalové zóny, u polykrystalů, zda kubická krystalová mřížka je primitivní, prostorově či plošně centrovaná.

1 Úvod

V našem miniprojektu jsme se měli seznámit s principem difrakce, transmisním elektronovým mikroskopem a způsoby zobrazování atomů v krystalové mřížce (elektronová holografie, mikroskopie s atomovým rozlišením).

2 Transmisní elektronová mikroskopie

Transmisní elektronová mikroskopie (TEM) je jednou z vědeckých zobrazovacích metod, které se běžně používají v materiálovém výzkumu a medicíně. Umožňuje sledovat strukturu materiálů s rozlišením až 10^{-9} m (na úrovni atomů). Existuje mnoho technik pozorování, mezi nejzajímavější jistě patří elektronová holografie a mikroskopie s atomovým rozlišením. V tubusu mikroskopu (obr. 1) je elektronové dělo, osvětlovací a zobrazovací soustava magnetických čoček.



Obr. 1. Transmisní elektronový mikroskop (a) a schéma jeho tubusu (b) [1].

Vnitřek tubusu je čerpán na vysoké až velmi vysoké vakuum (10^{-3} až 10^{-5} Pa). Elektrony jsou nejčastěji urychlovány napětím 200 kV. Pokud je mikroskop vybaven spektrometrem rentgenového záření nebo ztrát energie elektronů, můžeme provést i lokální chemickou

analýzu studované látky. Aby byly vzorky pro elektrony prosvětlitelné, musí mít velmi malou tloušťku (20 až 300 nm). Požadovanou tloušťku získáme elektrolytickým leštěním nebo ostřelováním pomocí iontů.

3 Difrakce elektronů

3.1 Princip difrakce

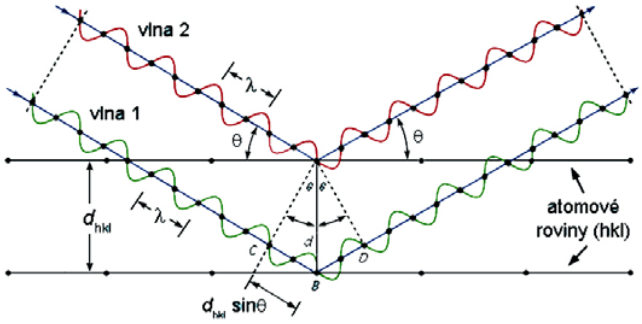
Difrakce je ohyb vlnění za překážku (krystalovou mřížku). Nastává, jestliže rozměry překážky (mezirovinné vzdálenosti) jsou srovnatelné s vlnovou délkou vlnění. Pokud použijeme částečně koherentní svazek elektronů, dochází k interferenci, kterou jsme schopni pozorovat.

3.2 Braggův zákon

Při difrakci elektronů s vlnovou délkou λ na krystalové mřížce vzniká dráhový rozdíl, který způsobuje fázový posun těchto vlnění (obr. 2). Následně dochází k interferenci. Na stínítku pak můžeme pozorovat interferenční maxima, jejichž umístění popisuje Braggův zákon:

$$2d_{hkl} \sin\theta = n\lambda,$$

kde d_{hkl} je vzdálenost meziatomových rovin (hkl), θ difrakční úhel a n řád interference.

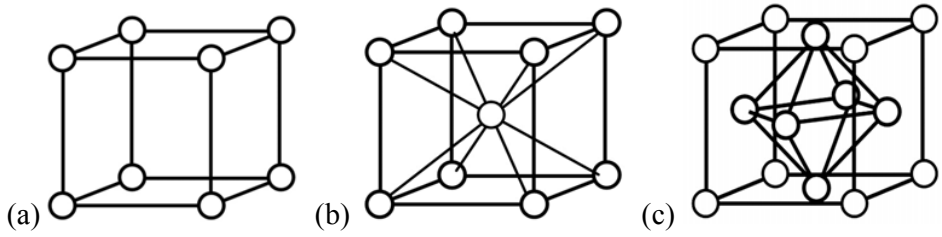


Obr. 2. Grafické znázornění Braggovy rovnice pro n = 1 (upraveno podle [2]).

4 Struktura materiálu

4.1 Krystalová mřížka

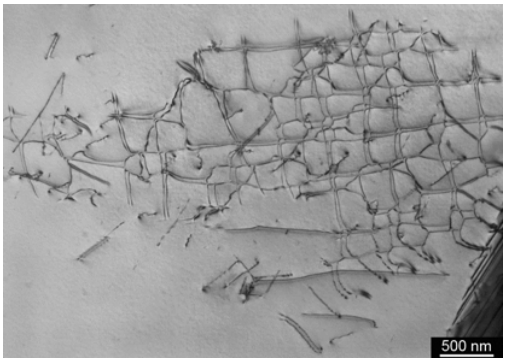
Uspořádání částic v látce může mít mnoho podob. Při našem pokusu jsme se zabývali zkoumáním některých kubických mřížek. Rozlišujeme tyto jejich druhy: primitivní (obr. 3a), prostorově centrovaná (obr. 3b), plošně centrovaná (obr. 3d) a diamantová.

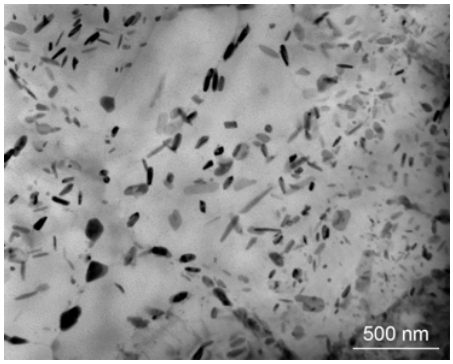


Obr. 3. Kubické mřížky: (a) primitivní, (b) prostorově centrovaná, (c) plošně centrovaná.

4.2 Poruchy krystalové mřížky

V krystalových mřížkách se často vyskytují poruchy, které ovlivňují vlastnosti materiálů. Patří k nim například dislokace nebo částice různých fází. Dislokace (obr. 4) jsou čarové poruchy, které umožňují plastickou deformaci krystalu. Pomocí TEM určujeme jejich hustotu, uspořádání, případně sledujeme jejich interakci s různými překážkami. Kromě dislokací jsme pozorovali i částice Al(Mn,Fe)Si ve slitině Al-Mn-Zr.

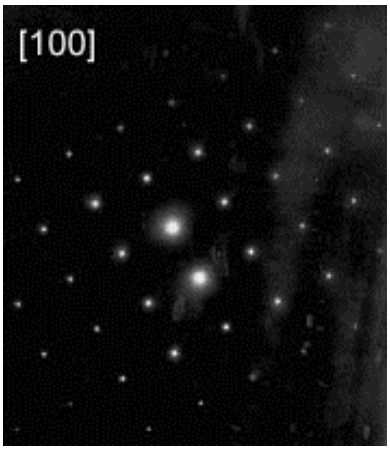
(a) 

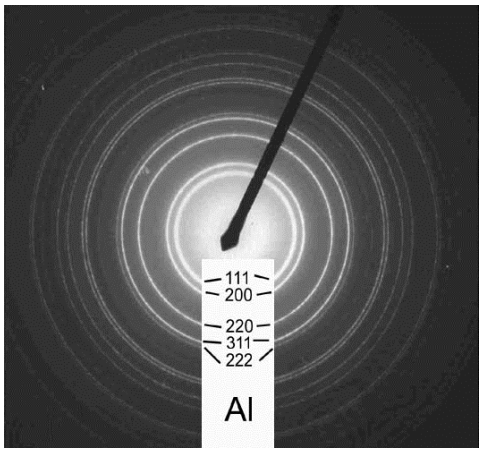
(b) 

Obr. 4. Poruchy krystalové mříže: (a) dislokace, (b) částice Al(Mn,Fe)Si ve slitině Al-Mn-Zr.

4.3 Difrakce na krystalech

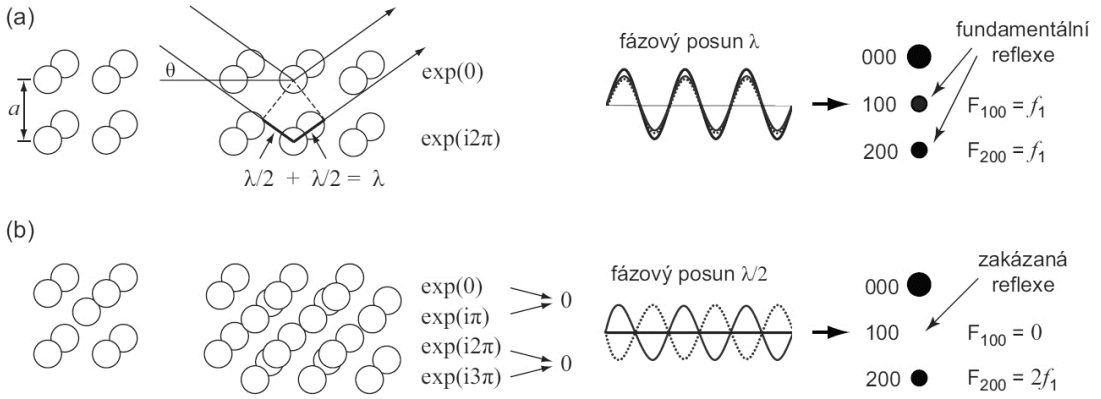
Rozlišujeme difrakci na monokrystalech a polykrystalech. Z difrakčního obrazce monokrystalu (obr. 5a) můžeme určit směr dopadajících paprsků. U polykrystalů (obr. 5b) má difrakční obrazec tvar soustředných kružnic, které indexujeme podle pořadí od středu.

(a) 

(b) 

Obr. 5. Difrakční obrazce: (a) monokrystal, osa zóny [100], (b) napařený polykrystal Al s velmi malými zrny.

Při difrakci dochází ke konstruktivní a destruktivní interferenci. Konstruktivní interference nastává, když jsou vlny ve fázi a amplitudy se sčítají (obr. 6a). V důsledku destruktivní interference, kde se amplitudy odčítají (obr. 6b), vznikají tzv. zakázané reflexe (bodové stopy nebo kružnice se nezobrazí).



Obr. 6. Konstruktivní (a) a destruktivní (b) interference při difrakci (upraveno podle [3]).

5 Shrnutí

Transmisní elektronová mikroskopie je důležité odvětví, které se uplatňuje v medicíně (výzkum virů) i ve výzkumu materiálů. Umožňuje sledovat mikrostrukturu uvnitř materiálů, což se často využívá při vědecké práci i v aplikovaném výzkumu pro průmysl.

Poděkování

Děkujeme Matematicko-fyzikální fakultě UK za možnost použití TEM, katedře materiálů FJFI za materiální a technickou podporu a prof. Dr. RNDr. Miroslavu Karlíkovi za odborný dohled.

Reference:

[1] KARLÍK, M.: Transmisní elektronová mikroskopie: pohled do nitra materiálů, *Československý časopis pro fyziku*, **55**, č. 5 (2005), 457-464.

[2] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J.: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky, Vutium a Prometheus, Praha, 2001.

[3] KARLÍK, M.: Úvod do transmisní elektronové mikroskopie, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha, 2011.

Dimionové spektrum na LHC

T. Kmenta (Gymnázium Frýdlant nad Ostravicí) kmentat@gmail.com
J. Marek (Gymnázium Česká Lípa) jiri.marek.nb@volnz.cz
J. Kubát (Gymnázium Česká Lípa) hokunb@email.cz
S.Tomašec(Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina) samueltomasec@gmail.com

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo zjistit, co se vlastně stane při proton-protonové srážce v urychlovači částic LHC, konkrétně při jeho maximální energii 14TeV. V programu Pythia jsme nasimulovali milion takovýchto srážek a poté analyzovali vznikající částice. Ve hmotnostním spektru se nám podařilo určit několik známých částic.

1 Úvod

Postupem času a lidského vývoje bylo potřeba neustále zdokonalovat a zpřesňovat přístroje a zařízení, které vědcům pomáhaly odhalovat nové obzory. Ve zkoumání ovských kosmických těles vědcům pomáhal už v 17. st. dalekohled. V 19. st. se objevily první teorie o existenci atomů, v průběhu času se vědci dostávaly stále hlouběji do struktury hmoty. V dnešní době zkoumáme na LHC částice 10^{13} krát menší než je průměr lidského vlasu.

2 Standardní model částic

- ***Interakce:***

Základní interakce umožňují popsat všechny známé způsoby vzájemného silového působení částic a pole. Základní interakce je gravitace, elektromagnetická síla, slabá interakce a silná interakce. V tomto projektu jsme se zaměřili hlavně na silnou interakci. Tato síla k sobě váže například kvarky a vytváří tak protony a neutrony. Elektromagnetická interakce je o něco slabší síla a váže například elektrony k jádru či určuje vlastnosti pevných látek, kapalin a plynů. Ještě slabší interakce je Slabá interakce, která způsobuje Beta záření a má důležitou funkci v jaderných reakcích. Gravitační interakce je asi 10^{-39} x slabší interakce než silná interakce, tudíž tato síla nemá v mikrosvětě téměř žádný vliv. Tyto interakce jsou zprostředkovávány přes „Lepidla“.

- ***Lepidla mikrosvěta:***

Gluony, jsou částice, které zprostředkovávají silnou interakci mezi kvarky. Což má například za důsledek to, že se spojí v nějakou vazbu proton a neutron v jádře atomu a tím jsou potřeba pro existování vesmíru. Dále mají nulovou klidovou hmotnost a nulový elektrický náboj. Mezi lepidla se dále řadí Fotony, které zprostředkovávají elektromagnetickou interakci, W a Z bosony, které zprostředkovávají slabou interakci. Gravitaci se zatím nepodařilo tímto způsobem vysvětlit.

- ***Kvarky:***

Kvarky jsou elementární částice a hlavní složky hmoty, tvoří takzvané hadrony, což jsou například protony a neutrony. Je celkem 6 typů kvarků - Up, Down, Strange, Charm, Top, Bottom, z nichž každý má svůj antikvark. Různé kombinace tvoří hadrony a mesony.

- ***Leptony:***

Leptony jsou elementární částice, tedy další stavební částice hmoty. Dělí se na nabité leptony (elektron, mion, tauon) a neutrina (Elektronové, Mionové, Taunové). Každý lepton má také svůj antilepton. My jsme se při srážkách protonů zaměřili na vzniklý mionový pár (Mion a Antimion).

- ***Energie částic:***

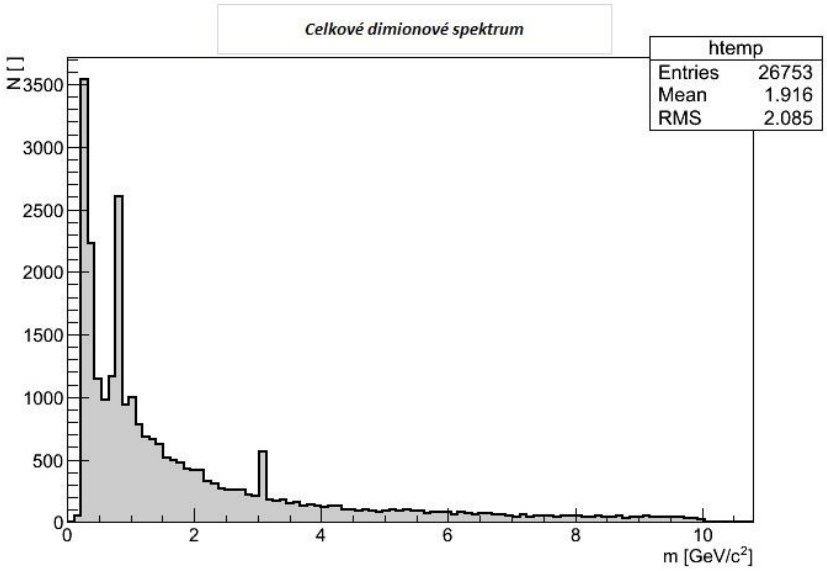
Energii částic vyjadřujeme v elektronvoltech (eV), jelikož v Joulech by to bylo velmi malé číslo. Jeden eV je energie, kterou získá elektron urychlený v elektrickém poli s rozdílem potenciálů jeden Volt. $1eV = 1.602 \times 10^{-19}J$.

3 CERN

CERN je výzkumné středisko v pohoří Jura na pomezí Francie a Švýcarska. Provádí se zde již řadu let výzkumy týkající se aplikované částicové fyziky a to na zařízeních jako jsou například LHC. Urychlovací komplex v CERNu byl postupně modernizován ve prospěch urychlení částic na vyšší energii a tím i větší šance na vytvoření jiných dosud nepoznaných částic. Z počátku urychlovač tvořila pouze lineární část, kde částice dosahovaly energie 50MeV, následně byl přistavěn kruhový urychlovač, který částice urychloval na vyšší energii, pozdější další větší urychlovač a nyní je přistavěn největší urychlovač na světě LHC o déle skoro 30km. Při prvním spuštění byly částice urychlovány na energii 900MeV, následně na 3,5 TeV a v současnosti běží na 4TeV na jednom protonu. Celková energie je tedy 8 TeV. Do budoucna se plánuje maximální výkon, který činí 7TeV na jednom protonu. Pro představu 1TeV je je roven energii letícího komára, ovšem tento proton je trilionkrát lehčí.

4 Metoda měření

Nyní zpět k našemu problému. Údaje o srážkách jsme používali ze simulátoru Pythia, který vychází z reálných údajů z mnoha částicových experimentů. Program pochází ze Švédska a je nejpoužívanější ve svém oboru pro svoji všestrannost. Pro tento program bylo potřeba naprogramovat algoritmus, který se z požadovaných srážek protonů (v našem případě 1000000 srážek) zaměří se pouze na výpočet invariantní hmotností (1) mionových páru a následně je převede do grafu.



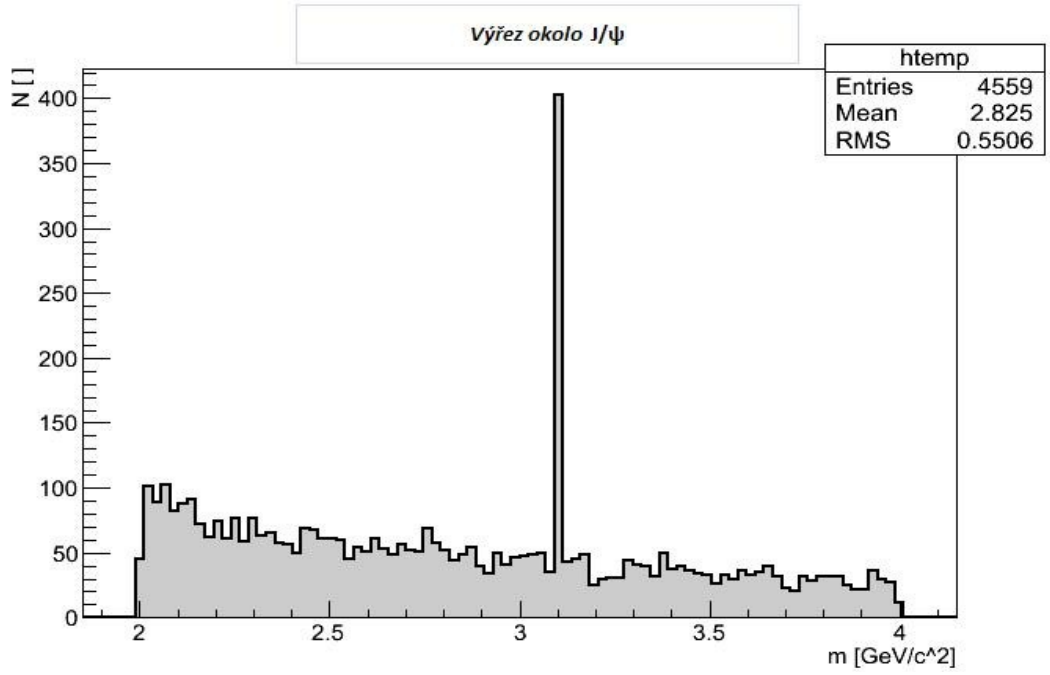
Obr.1 Spektrum invariantních hmotností mionového páru - celkový pohled

$$\frac{\qquad\qquad}{\qquad\qquad} \qquad (1)$$

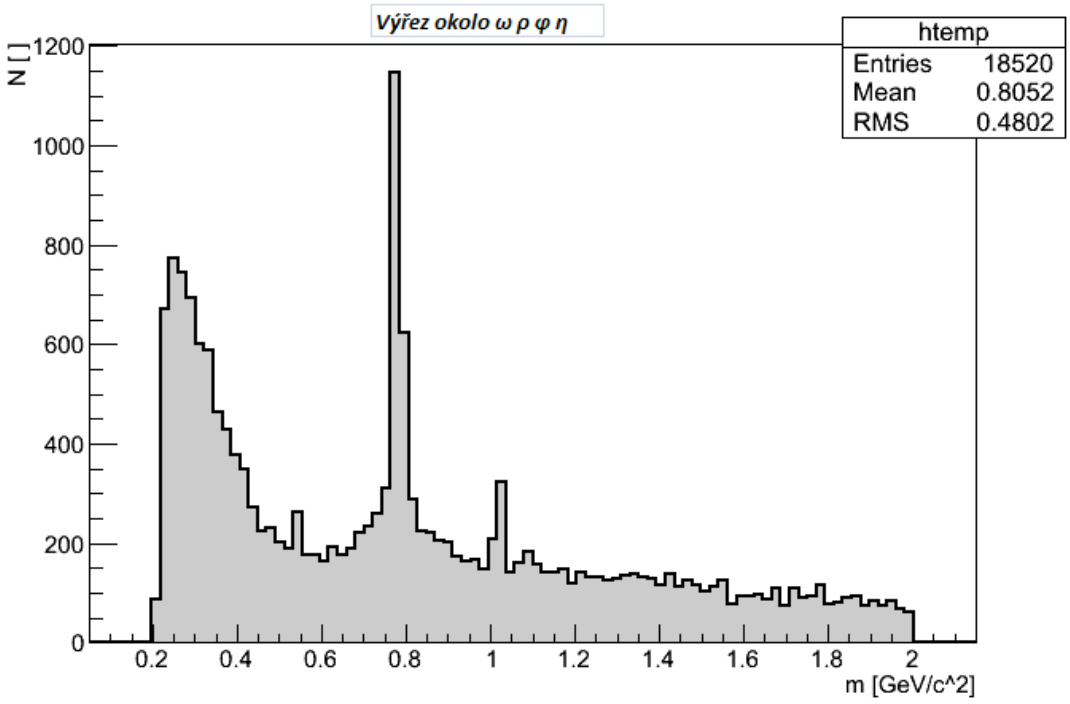
Přičemž m je invariantní hmotnost E_1 je energie prvního mionu, E_2 je energie druhého mionu, p_1 je hybnost prvního mionu a p_2 je hybnost druhého mionu.

Graf

Graf nám ukazuje počet mionových párů s danou energii. Největší část tvoří tzv. pozadí, které má exponenciální průběh. V grafu jsou ale místa, kde se mionové páry s danou energii vyskytují častěji než v ostatních energiích. Podle této hmotnosti, můžeme s použitím tabulek zjistit, jaká neznámá částice se rozpadla na onen mionový pár. Třeba energii 3096 MeV odpovídá J/ψ. Tím jsme tedy ověřili, že jednou z nejčastějších částic, která vyniká po srážce dvou protonů je opravdu J/ψ. Dále můžeme například vidět ρ či ω.



Obr.2 Spektrum invariantních hmotností mionového páru – výřez od 2 GeV do 4 GeV



Obr.3 Spektrum invariantních hmotností mionového páru – výřez od 0.2 GeV do 2 GeV

5 Shrnutí

Podařilo se nám nasimulovat dimionové spektrum a nalézt v něm 4 typy částic.

6 Poděkování

Chtěli bychom srdečně poděkovat Ing. Tomáši Jakoubkovi za trpělivost s námi.

Reference:

[1] J. Beringer *et al.* (Particle Data Group), Phys. Rev. D**86**, 010001 (2012)

[2] Lefevre, C ,CERN CO JE TO LHC,*Odbor komunikací* CERN 2008

Jak chránit DNA před zářením

R. Čermák[1], V. Kanclíř[2], J. Kratochvíl[3]
[1]Gymnázium F. V. Sasinka, Námestie slobody č. 3, Skalica
[2]Gymnázium Turnov, Jana Palacha 804, Turnov
[3]Gymnázium, Vídeňská 47, Brno
rastislav.cermak@gmail.com, VitKanclir@seznam.cz,
jirikrat@atlas.cz

Abstrakt:
Seznámili jsme se s metodou agarózové elektroforézy. Prozkoumali jsme, jak přítomnost různých sloučenin (vychytávačů) zmenšuje riziko poškození plasmidové DNA ionizačním zářením.

1 Úvod

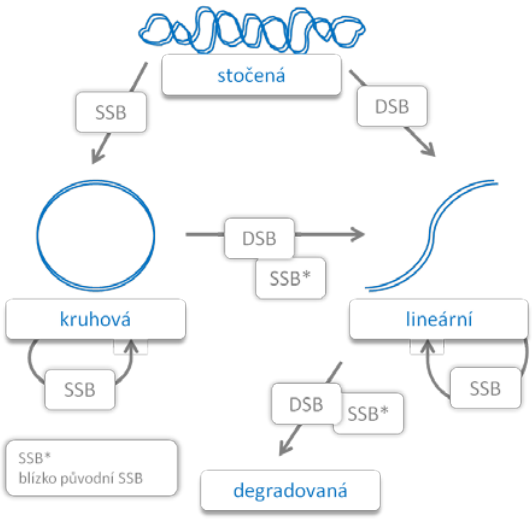
Rakovina je jedna z nejčastějších příčin úmrtí. Jeden z faktorů ovlivňujících vznik rakoviny je také ionizující záření, jehož nezanedbatelným zdrojem je kosmické záření. V dnešních dobách, kdy člověk chce objevovat vzdálený vesmír na vlastní kůži, je třeba zkoumat metody jak ochránit kosmonauty před následky záření.

Z hlediska dopadů záření na organismus je zásadním terčem zejména DNA, jejíž poškození může mít fatální následky pro konkrétní buňku i pro celý organismus, zatímco radiační poškození bílkovin a dalších součástí buňky je většinou rychle kompenzováno syntézou nových molekul. Existují dva druhy poškození DNA. Přímé poškození (tj. přímá interakce DNA s γ zářením) je relativně málo četné. Nepřímé poškození je poškození zprostředkované přes produkty radikálových reakcí vody. Nepříznivé působení volných radikálů může být redukováno přítomností tzv. vychytávačů neboli scavengerů. Schopnost zachytit volné radikály jsme otestovali u sloučenin: dimethyl sulfoxid, kumarin-3-karboxylová kyselina a glycylglycin.

2 Materiály a metody

Při studiu radiačních poškození DNA i bílkovin se vedle iontové chromatografie a hmotnostní spektrometrie často využívají elektroforetické metody. Jejich princip spočívá v rozdílné pohyblivosti nabitých molekul v elektrickém poli. Při separaci bílkovin a nukleových kyselin nebo jejich fragmentů je to nejpřesnější dostupná metoda. Za objev elektroforetické separace bílkovin krevního séra obdržel v roce 1948 švédský chemik Arne Tiselius Nobelovu cenu.

K našemu výzkumu jsme použili plazmidovou (extrachromozomální, samostatně se replikující kruhovou) DNA. Když vystavíme DNA ionizujícímu záření, může dojít buďto k jednoduchému zlomu, kdy se stočená forma DNA změní na kruhovou, nebo dvojnému zlomu, jehož následkem je vznik lineární formy (Obr. 1). Když se zvýší dávka záření, přibývá zlomů DNA, přibývají i kruhové a lineární formy.



Obr. 1

3 Laboratorní postup

Příprava vzorků

Připravili jsme si tři sady po třech vzorcích, které obsahovaly 100 ng DNA v 20 mM fosfátového pufru a celkový objem jsme vždy doplnili vodou do 10 µl. První vzorek neobsahoval žádný vychytávač, další dva různé koncentrace vychytávačů (scavengerů) dle tabulky:

sada č.	scavenger	koncentrace
1	K3KK	0.001 M a 0.01 M
2	DMSO	0.1 M a 1M
3	GlyGly	0.1 M a 1 M

Příprava gelu pro elektroforézu

Připravili jsme si 40 ml 1 % agarózového gelu v 0.5 x TAE pufru. Roztok jsme přikryli alobalem a za stálého míchání povařili, dokud se nevyčeřil. Poté jsme ho nechali chladnout až na 60 ˚C. Přidali jsme fluorescenční barvivo SYBR Green I v poměru 1:10 000 a promíchali, vlili do příslušné formy, zamezili přístupu světla, protože SYBR je citlivý na světlo, a nechali ztuhnout.

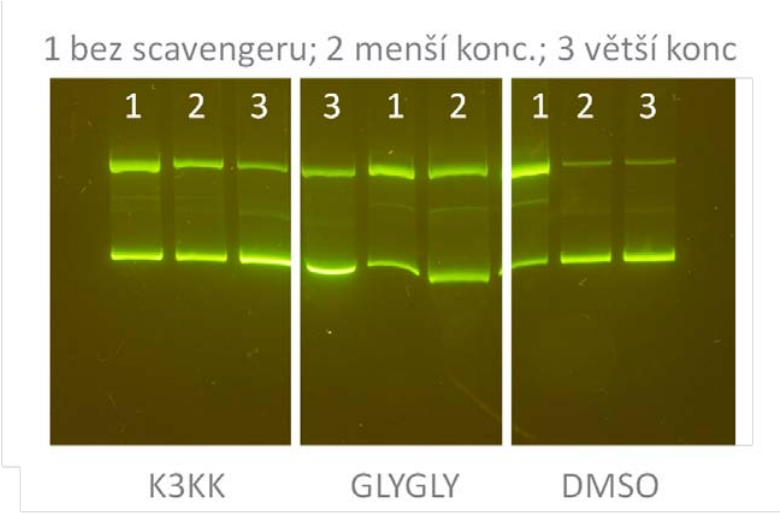
Ozařování vzorku kobaltem-60

Vzorky jsme ozařovali na zdroji ^{60}Co s poločasem rozpadu 1925,5 dnů dávkou 10 Gy ve vzdálenosti 0,293 m na vzduchu za pokojové teploty, přičemž . Pro výpočet doby potřebné k ozařování vzorku (28 minut a 8 sekund) jsme použili následující vztah:

$$t_o = \frac{D}{\dot{D}_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}}$$

Elektroforéza

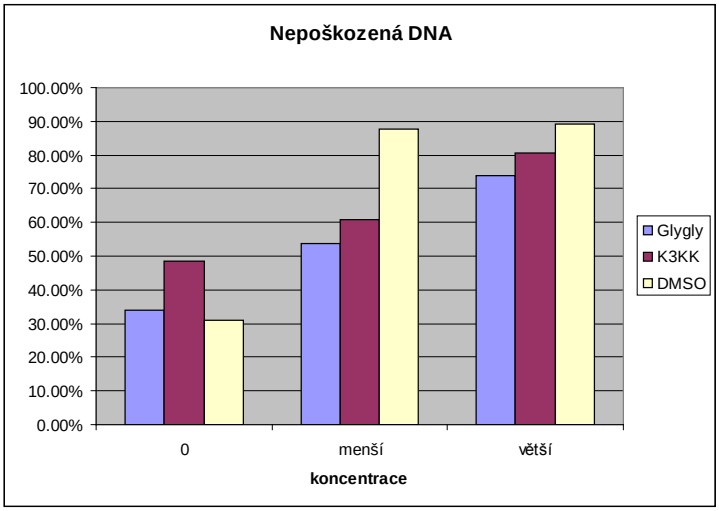
Ztuhlý gel jsme přesunuli do horizontální lázně s 0.5 x TAE pufrem. Do každého vzorku jsme přidali nanášecí barvivo. Poté jsme nanášeli vzorky na gel v definovaném pořadí. Elektrody jsme zapojili tak, aby DNA migrovala na gelu ve správném směru. Nastavili jsme 100 V napětí. Elektroforéza trvala 60 minut. Gel jsme opatrně vyndali z lázně a vyfotili v temné komoře na UV stolku (Obr. 2).



Obr. 2

4 Výsledky a diskuse

Seznámili jsme se s metodou elektroforézy a dokázali jsme, že zkoumané látky do jisté míry ochrání plasmidovou DNA před zářením. Tato schopnost není lineárně závislá na koncentraci scavengeru. (Obr. 3). Při vyhodnocování gelu (Obr. 2) programem Luthien však mohlo dojít k chybě způsobené nepřesností agarózové elektroforézy. Vzorky bez vychytávačů se poměrně dost liší, což je pravděpodobně způsobeno naší chybou při nanášení vzorků na gel.



Obr. 3

5 Závěr

Skutečnost, že některé látky jsou schopné pohlcovat radikály vzniklé při ozáření nám umožňuje chránit DNA v prostředí se zvýšeným rizikem výskytu záření. Z námi zkoumaných látek byl nejúčinnějším scavengerem kumarinový derivát. Ač z grafu vyplývá, že nejúčinnějším je DMSO, je třeba si uvědomit, že kumarinový derivát byl užit ve stokrát menší koncentraci.

6 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat naší supervizorce Ing. Kateřině Pachnerové Brabcové, PhD. za ochotu a pomoc při projektu a také Oddělení dozimetrie záření ÚJF AV ČR a pořadatelům Týdne vědy.

7 Reference:

1. Kuna, P. and Navrátil, L.: Klinická radiobiologie Manus, Praha 2005.
2. Garfin, D.E.: Electrophoretic methods, Academic Press, 2000.,

Dualismus vln a částic

Jan Hevera[1], Jan Horáček[2], Jan Jerhot[3]
[1]SPŠ strojní a elektrotechnická, České Budějovice; hevera.j@seznam.cz
[2]Gymnázium, Brno, Vídeňská 47; jan.horacek@seznam.cz
[3]SPŠ strojní a elektrotechnická, České Budějovice; jerrydog@seznam.cz

Abstrakt

Roku 1924 Louise de Broglie formuloval hypotézu, podle níž má vlnově-částicový chrakter nejen foton, jak již Einstein formuloval, nýbrž každá elementární částice. Našim cílem je experimentálně potvrdit tuto de Broglieho hypotézu.

1 Úvod

De Broglie zobecnil již existující vztah pro Einsteinův fotoefekt tak, aby platil pro všechny částice. Výsledkem jeho úvahy byl následující vztah:

$$\lambda = \frac{h}{\vec{p}} \tag{1}$$

λ - vlnová délka částice
h - Planckova konstanta
p - hybnost částice

Pro ověření platnosti vztahu (1) provedeme experiment:

2 Princip experimentu

V praxi hypotézu ověříme pomocí elektronů, kde za hybnost částice ($\vec{p}$) dosadíme vztah vypočtený z kinetické energie elektronu:

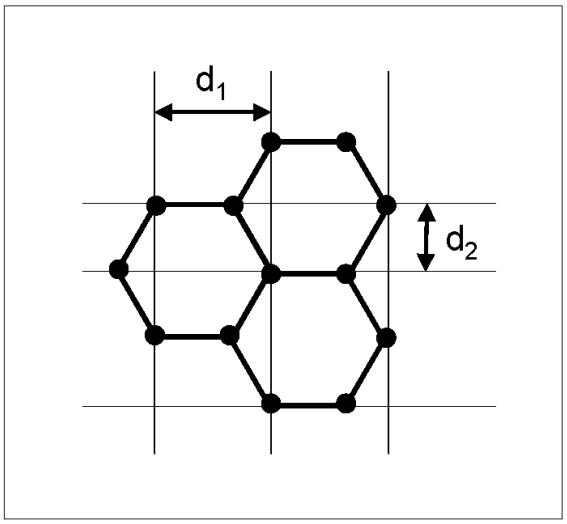
$$p = \sqrt{2m_e q_e U} \tag{2}$$

m_e - hmotnost elektronu
q_e - náboj elektronu
U - urychlovací napětí

Dozazením vztahu (2) do vztahu (1) dostaneme:

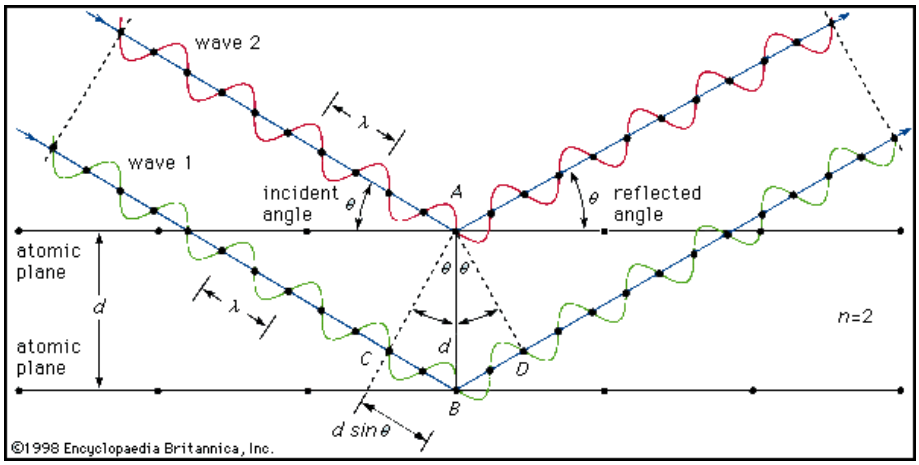
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e q_e U}} \tag{3}$$

Vlnový charakter elektronů budeme ověřovat pomcí odrazu elektronů od polykrystalu grafitu, kde využijeme Braggovy podmínky v následujícím znění:



Obrázek 1: polykrystal grafitu
[2]

[1] Z vlastností krystalů vyplývá, že lze vždy najít rovnoběžné roviny, ve kterých leží všechny atomy. Vezměme paprsek s vlnovou délkou λ, který bude svírat s touto rovinou úhel θ. Paprsek se srazí s atomy krystalu a odrazí se pod stejným úhlem θ. Potom může interferovat s jiným paprskem svírajícím stejný úhel θ, pouze pokud oba paprsky po odrazu budou kmitat se stejnou fází. To nastane, pokud dráhový rozdíl vlivem odrazu bude celočíselným násobkem vlnové délky λ.



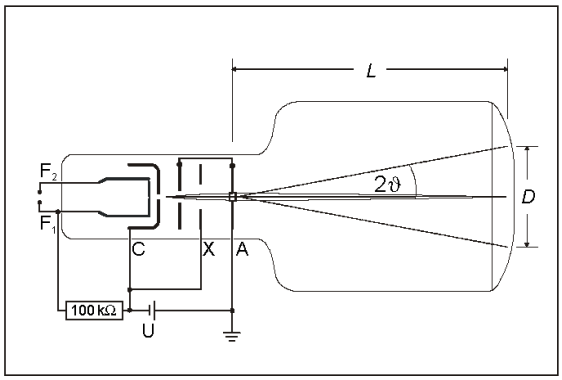
Obrázek 2: odraz elektronů od roviny krystalu grafitu
[4]

Odtud tedy vztah:

$$n\lambda = 2d_x \sin\theta \tag{4}$$

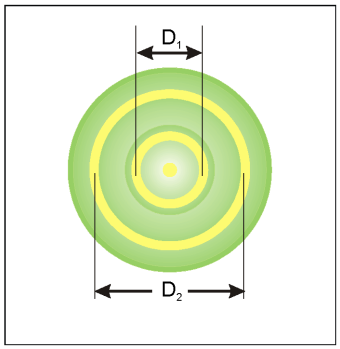
n - celočíselný násobek vlnové délky
$x \in 1$ - odpovídá d_1
$x \in 2$ - odpovídá d_2

3 Použitá aparatura



Obrázek 3: použitá aparatura
[2]

Přivedením proudu na katodu C dojde k emitaci elektronů, které jsou urychlovány několika elektrodami X až do momentu, kdy narazí do povrchu polykrystalu na anodě A. Zde dojde k odrazu elektronů pod různými úhly. Čím víc odražené elektrony nesplňují Braggovu podmínku, tím rychleji interferují. Ostatní elektrony pokračují ve svém letu na stínítko, kde excitují atomy luminoforu a ty vyzaří světlo ve viditelném spektru, které můžeme pozorovat.



Obrázek 4: obraz na stínítku
[2]

Jelikož se polykrystal grafitu skládá z šestiúhleníků, jejichž atomy jsou orientovány podle vzdáleností d_1 a d_2 (viz obr. 1), dojde ke vzniku dvou kružnic.

Průměr zobrazených kružnic určíme podle vzorce pro výpočet podstavy kužele (viz obr. 3):

$$\tan 2\theta = \frac{D}{2L} \tag{5}$$

D - průměr podstavy kužele, resp. průměr zobrazené kružnice
L - vzdálenost polymeru od stínítka

Pro malé úhly θ použijeme aproximaci:

$$\tan 2\theta \approx 2 \sin \theta \tag{6}$$

Vztah (4), kde si za n zvolíme hodnotu 1, dosadíme do vztahu (5) podle (6):

$$\lambda = d * \frac{D}{2L} \tag{7}$$

Do vztahu (7) dosadíme za λ vztah (3):

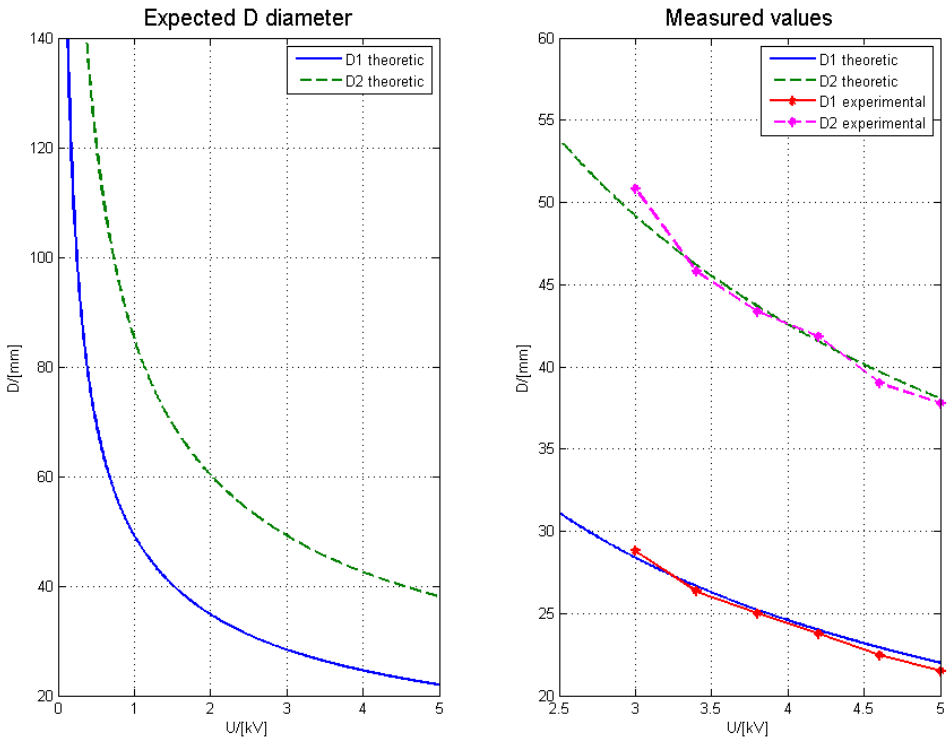
$$\frac{h}{\sqrt{2m_e q_e U}} = d * \frac{D}{2L} \tag{8}$$

4 Měření

Ze vztahu (8) jsme si vzdálenosti D_1 a D_2 vyjádřili jako funkci napětí:

$$D_x = \frac{2hL}{d_x \sqrt{2m_e q_e U}} \tag{9}$$

Ze vztahu je patrné, že změnou napětí měníme průměr kružnice. Na základě této skutečnosti jsme provedli měření poloměrů D_1 a D_2 v závislosti na známém napětí U.



Obrázek 5: měření

5 Závěr

Ačkoliv nepřesnost měření způsobená zakřivením stínítka zkreslovala výsledky, naměřené hodnoty velmi dobře odpovídají hodnotám předpokládaným.
Jak již bylo v roce 1927 dokázáno, i my jsme zjistili, že elektrony se chovají jako vlnění, i jako částice - potvrdili jsme tedy dualistický charakter hmoty.
Tato skutečnost prakticky položila základy dnešního chápání mikrosvěta - kvantové mechaniky, jež má dnes a bude mít i v budoucnu pro lidstvo dalekosáhlé následky.

Poděkování

- Ing. Jaroslavu Adamovi za trpělivost a odhodlání
- organizátorům TV@J za možnost tvorby vlastního článku a za prostředky pro jeho vytvoření

Reference

[1] P.Navrátil *Dualismus vln a částic*
http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/main.pdf

[2] Leybold *Atomic and Nuclear Physics*
http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/dualizmus_vln_a_castic_leybold.pdf

[3] Phywe *Electron diffraction*
http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/LEP5113_00.pdf

[4] Encyclopedia Britannica *Bragg law*
http://www.britannica.com/EBchecked/topic/76973/Bragg-law

[5] J. Reichl, M. Všetička *Kvantová mechanika - De Broglieho hypotéza*
http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/728-de-broglieho-hypoteza

[6] F. Horák, J. Pecina, J. Bárdoš *Dualismus vln a částic - Sborník příspěvků TV@FJFI 2010*

Fraktály

Ondřej Bouchala, George Dzhanezashvili, Viktor Skoupý

19.6.2012

Abstrakt

Tato práce se zabývá vlastnostmi a vykreslováním fraktálů. Popisuje fraktální dimenzi (soběpodobnostní a mřížkovou), dále fraktály v komplexní rovině (Juliova a Mandelbrotova množina) a iterované fraktály (Kochova vločka, Sierpinského těsnění). Také se zabývá počítačovým zobrazováním fraktálů.

1 Úvod

Fraktály samy o sobě jsou nesmírně zajímavé objekty, které jsou charakteristické několika věcmi: obsahují nekonečně mnoho svých zmenšených kopií, každý z nich je jedinečný a liší se od ostatních. Jejich nejviditelnější předností je fascinující a složitá krása.
Fraktál je (zjednodušeně) definován jako geometrický objekt, který má následující vlastnosti:

- Je soběpodobný — znamená to, že pokud daný útvar pozorujeme v jakémkoliv měřítku či rozlišení, pozorujeme stále se opakující určitý charakteristický tvar,
- má na první pohled velmi složitý tvar, ale je generován opakovaným použitím jednoduchých pravidel.

Termín fraktál použil poprvé matematik Benoît Mandelbrot v roce 1975. Pochází z latinského fractus – rozbitý

2 Fraktální dimenze

Fraktální dimenze umožňuje popsat stupeň složitosti objektu podle toho, jak rychle roste jeho délka, obsah či objem v závislosti na velikosti měřítka, při kterém měříme. Existuje několik forem této dimenze:

- soběpodobnostní dimenze
- mřížková dimenze

2.1 Soběpodobnostní dimenze

Tento typ fraktální dimenze lze aplikovat pouze na struktury, které jsou ryze soběpodobné (úsečka a její části, čtverce v čtverci, krychle v krychli). Řekneme, že nějaká struktura je ryze soběpodobná, pokud ji lze rozdělit na několik částí, kde každá z těchto částí je

zmenšená kopie celku. Dimenze je pak určena na základě znalosti faktoru zmenšení (s) a počtu částí (a). (Např. do úsečky se vejdou dvě části s poloviční velikostí, do čtverce se vejdou čtyři s poloviční velikostí, ...). Vztah pro dimenzi D je:

$$D = \frac{\ln a}{\ln \frac{1}{s}}$$

2.2 Mřížková dimenze

Oproti dimenzi soběpodobnostní, která je definována pouze pro ryze soběpodobné útvary, lze dimenzi mřížkovou aplikovat na libovolný útvar. Přes fraktál si nakreslíme čtvercovou síť $s \times s$ čtverečků a spočítáme, v kolika z nich fraktál leží – $N(s)$. Hledaná dimenze je pak rychlost růstu (derivace) $\ln(N(s))$ v závislosti na $\ln(s)$.

3 Typy fraktálů

3.1 Juliovy množiny

Juliovy množiny jsou množiny komplexních čísel z_0, pro které platí, že posloupnost

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

nediverguje. Komplexní konstanta c je stejná pro celou množinu. Hranice těchto množin na komplexní rovině tvoří fraktál. Protože můžeme zvolit konstantu c libovolně, existuje nespočetně mnoho těchto množin.

3.1.1 Prahový poloměr divergence

Při počítačovém zobrazování nemáme k dispozici nekonečný počet iterací, ale lze dokázat, že pokud absolutní hodnota čísla z_n překročí danou prahovou hodnotu $r(c)$ závislou na parametru c, posloupnost diverguje a tento bod do množiny nepatří. Pro prahovou hodnotu platí $r(c) = \max\{|c|, 2\}$.

Důkaz

Předpokládáme, že $(|z| > r(c) \geq 2) \wedge (|z| > |c|)$. Z toho plyne, že si $|z|$ můžeme napsat jako $|z| = r(c) + \varepsilon$ (pro kladné ε):

$$|z^2| = |z^2 + c - c| \leq |z^2 + c| + |c|$$

Což plyne z trojúhelníkové nerovnosti. Takže:

$$|z^2 + c| \geq |z^2| - c = |z|^2 - c \geq |z|^2 - |z| = |z|(|z| - 1) \geq |z|(2 + \varepsilon - 1) = |z|(1 + \varepsilon)$$

Vidíme tedy, že jde o posloupnost, která roste rychleji, než posloupnost geometrická s koeficientem větším než jedna. Takže diverguje.

$$\ddot{o}\pi\varepsilon\rho\ \ddot{\varepsilon}\delta\varepsilon\iota\ \delta\varepsilon\tilde{\imath}\xi\alpha\iota$$

Podobnou úvahou by se to dalo zobecnit pro exponent n. Pak by ale mezní hodnotou bylo číslo $\max\{\sqrt[n-1]{2}, |c|\}$.

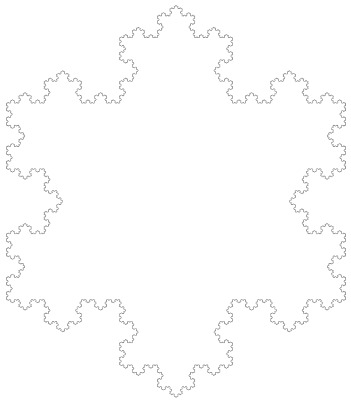
3.2 Mandelbrotova množina

Mandelbrotova množina patří k nejznámějším fraktálům. Je definována jako množina komplexních čísel c, kde posloupnost

$$z_{n+1} = z_n^2 + c \qquad z_0 = 0$$

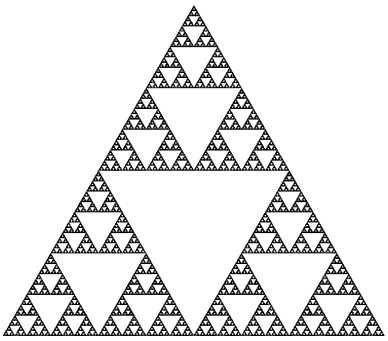
nediverguje. Od Juliovy množiny se liší tím, že za c se dosazují souřadnice na komplexní rovině narozdíl od konstantního parametru. Stejně jako u Juliovy množiny můžeme dokázat prahovou hodnotu.

3.3 Kochova vločka



Tento známý fraktál má řadu zajímavých vlastností. Jednou z nich je, že má konečný obsah, avšak nekonečný obvod. Má-li původní trojúhelník stranu délky a, pak je obsah Kochovy vločky roven $\frac{2a^2\sqrt{3}}{5}$.

3.4 Sierpińského těsnění



Tento fraktál, nazývaný též Sierpińského trojúhelník, byl poprvé popsaný v roce 1915 polským matematikem Wacławem Sierpińskim, i když podobné obrazce se objevují už v 13 století. Tato struktura souvisí třeba s Pascalovým trojúhelníkem (zbytek po dělení jeho číslel dvěma), nebo s Hanoiskými věžemi (graf reprezentující všechny možné pozice).

4 Zobrazení počítačem

4.1 Náhodná procházka

Mějme v rovině tři nekolineární body. Dále vezměme jiný (náhodně zvolený) bod roviny, který nazveme X_1. V jedné iteraci vytvoříme bod X_n ve středu úsečky spojující bod X_{n-1} a náhodně vybraný bod ze tří původních bodů. Po dostatečném počtu iterací bude množina $\{X_1, X_2, \ldots\}$ tvořit Sierpińského těsnění. Tímto způsobem byl vyroben i výše uvedený obrázek.

4.2 Buněčný automat

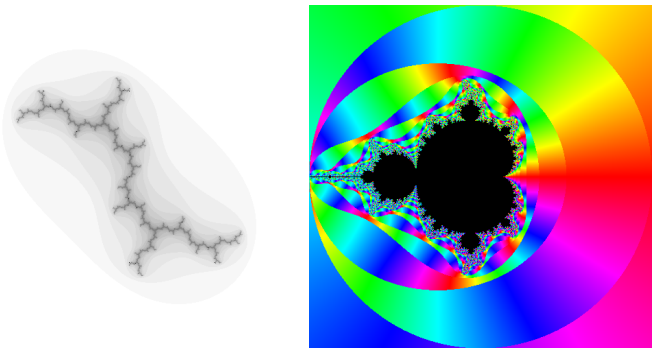
Uvažujme čtvercovou síť. Vybarvíme jeden bod. Pak se podíváme na řádek pod ním, všechny body, které mají (ve třech sousedních buňkách) nad sebou jeden nebo dva vybarvené body obarvíme, jiné ne. Pak se přesuneme na další řádek a postup zopakujeme. Takhle dostaneme opět Sierpińského těsnění!

4.3 Vykreslování Mandelbrotovy a Juliovy množiny

Pro každý pixel se počítá posloupnost $z_0, z_1, z_2, \ldots, z_i$, kde i je počet iterací. Když pro nějaké n platí $|z_n| > r(c)$, víme, že posloupnost diverguje a bod do množiny nepatří. Pokud ani $|z_i|$ není větší než $r(c)$, bod se zařadí do množiny. U konečného počtu iterací se do množiny započítají také body, které tam nepatří.

4.3.1 Obarvování

Klasicky se body náležící do množiny obarvují černou a body nenáležící bílou barvou. Výpočet fraktálu generuje posloupnost čísel $z_0,\ z_1,\ z_2,\ \ldots,\ z_n$, kde z_n je iterace, u které $|z|$ překročí prahovou hodnotu. Podle této posloupnosti můžeme daný bod obarvit na základě určité palety.
Únikový algoritmus: Barvu bodu podle tohoto algoritmu určuje počet iterací, po kterých absolutní hodnota $|z_n|$ přesáhne prahovou hodnotu.
Únikový úhel: Zde se počítá s argumentem komplexního čísla z_n.
Odhad zakřivení: Barva se určí na základě křivosti křivky proložené body $z_1,\ z_2,\ \ldots,\ z_n$.



Obrázek 1: *Juliova množina, kde $c = i$ a body jsou obarveny podle počtu iterací, a Mandelbrotova množina kde hodnota argumentu komplexního čísla odpovídá odstínu na standardním barevném kole*

Pro jednoduchost se často uvažují jen tři poslední členy této posloupnosti. Pro ty se použije vzorec:

$$\left|\tan^{-1}\left[\frac{z_n - z_{n-1}}{z_{n-1} - z_{n-2}}\right]\right|$$

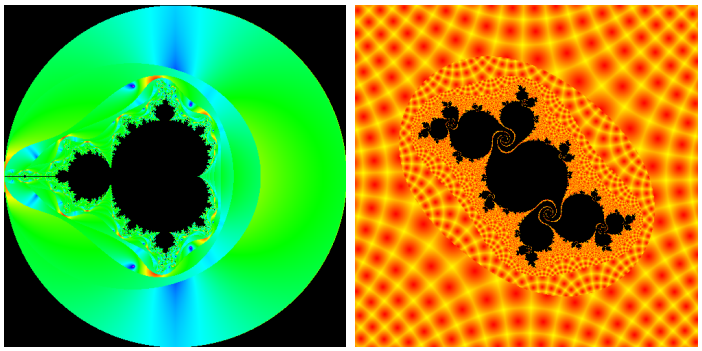
Gaussova celá čísla: V tomto algoritmu se barva vypočítá podle vzdálenosti z_n od Gaussova celého čísla, tedy $a+bi$, kde $a, b \in \mathbb{Z}$. Vzdálenost se dá vypočítat pomocí vzorce

$$\sqrt{|\Re(z) - \mathrm{Round}[\Re(z)]|^2 + |\Im(z) - \mathrm{Round}[\Im(z)]|^2}$$

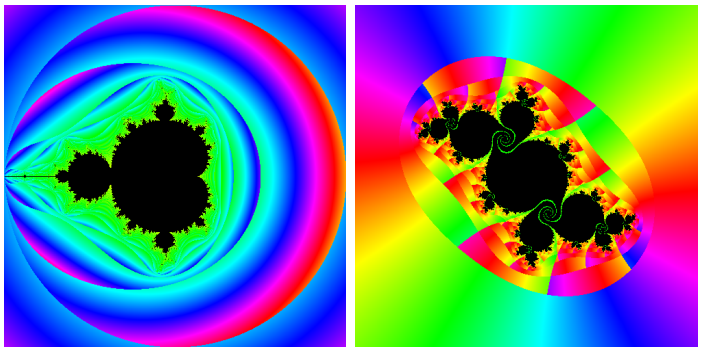
Statistiky: Body se dají obarvit také podle statistických funkcí z množiny $z_0, z_1, z_2, \ldots, z_n$. Například podle průměru, rozptylu, směrodatné odchylky, ...

5 Závěr

Veškeré obrázky zde zobrazených fraktálů jsou produktem námi napsaných programů. Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ing. Petru Paušovi, který nás seznámil s problematikou fraktálů a zodpověděl veškeré naše dotazy.



Obrázek 2: *Mandelbrotova množina s obarvením podle zakřivení dvou po sobě jdoucích iterací a Juliova množina s* $c = -0.13850095 + 0.653277755i$*, kde barva závisí na vzdálenosti poslední iterace od Gaussova celého čísla*



Obrázek 3: *Obarvení podle průměru* $|z_0|, |z_1|, |z_2|, \ldots, |z_n|$ *a podle průměru argumentů komplexních čísel posloupnosti* $z_0, z_1, z_2, \ldots, z_n$

Reference

[1] Petr Pauš. *Počítačové generování fraktálních množin.* http://geraldine.fjfi.cvut.cz/ pausp/files/reserse.pdf. 2004.

Jak poznat dávku z barvy gelu

Lubomír Gorbatenkov, Gymnázium F.V.Sasinka, Skalica
Kristína Nešporová, Gymnázium Boskovice
Matěj Račinský, Gymnázium Litoměřická, Praha
Nikola Závadská, Střední průmyslová škola Karviná

19. června 2012

Abstrakt

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s gelovou dozimetrií a provést experiment s Frickeho gelovým dozimetrem s xylenolovou oranží, který jsme ozařovali a pozorovali změnu barvy gelu v závislosti na dávce ionizujícího záření.

1 Úvod

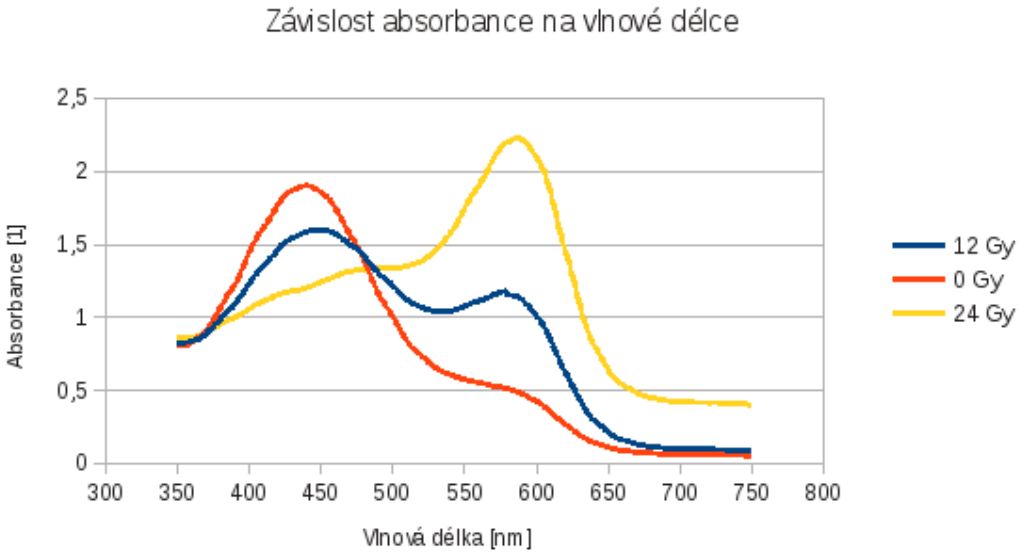
Trojrozměrnou gelovou dozimetrii je možno používat pro kontrolu přístrojů v radiační onkologii, která se zabývá léčbou nádorových onemocnění. 3D gelová dozimetrie je založena na principu změny fyzikálních vlastností v závislosti na míře ozáření, tedy velikosti dávky. Existuje více druhů gelových dozimetrů v závislosti na použitém druhu gelu. Například se jedná o polymerní gelové dozimetry, které jsou založeny na radiačně indukované polymerizaci monomerů, nebo o radiochromní gelové dozimetry, jejichž principem je změna barvy v důsledku ozáření, které vyvolává chemické procesy, díky kterým se změní fyzikální vlastnosti vzorku a vzorek absorbuje jinou vlnovou délku. V našem experimentu jsme používali radiochromní gelový dozimetr, konkrétně Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží.

2 Experiment

Nejdříve bylo připraveno 25 ml Frickeho gelového dozimetru, který se skládal ze 0,1 mM xylenolové oranže, 0,5 mM Mohrovy soli, 25 mM kyseliny sírové a 5 % roztoku želatiny v daném poměru. Roztok byl rozdělen do osmi kyvet (cca 3 ml) a poté byl dán do chladničky na patnáct minut, aby ztuhl.
Další fází pokusu bylo ozáření vzorků gelu v kyvetách v ozařovači Gammacell 220 o dávkovém příkonu 61 Gy/hod. Před ozařováním byla odebrána kontrolní kyveta pro porovnání původní absorbance, tedy barvy. Zbylých sedm kyvet bylo ozařováno společně a po čtyřech minutách byla vždy jedna kyveta odebrána, přičemž jedna ze sedmi kyvet byla ozařována neznámý čas (dále pouze vzorek x). Díky rozdílnému času ozařování byly kyvety vystaveny různým dávkám, a to: 4 Gy, 8, Gy, 12 Gy, 16 Gy, 20 Gy, 24 Gy.
Poté následovalo měření absorbance vzorků ve spektrometru Helios Beta. Absorbance A je definována jako

$$A = \log_{10} \frac{I_o}{I},$$

kde I je intenzita světla určité vlnové délky λ, které prošlo vzorkem a I_0 je počáteční intenzita tohoto světla dopadajícího na vzorek. Nejdříve byla změřena absorbance vody a její hodnota nastavena jako nulová hodnota pozadí, dále byly změřeny absorbance vzorků s dávkami 0 Gy, 12 Gy a 24 Gy a vyneseny do grafu v závislosti na vlnové



délce záření.

Následně byla z grafů určena referenční vlnová délka $\lambda = 585$nm. Poté byla měřena velikost absorbance všech vzorků včetně vzorku x při referenční vlnové délce. Ze získaných hodnot byl vytvořen graf a proložen přímkou o rovnici $y = 0{,}0682x + 0{,}3445$, z níž byla určena dávka vzorku x o absorbanci —-, která byla přibližně 9,4 Gy.

3 Závěr

Výsledky experimentu potvrdily naše očekávání. Pozorovali jsme proměnlivost barvy gelu v závislosti na délce ozařování, a tím na velikosti dávky. Podařilo se nám určit velikost dávky vzorku x.

4 Poděkování

Rádi bychom poděkovali naší supervizorce Ing. Kateřině Vávrů za vyčerpávající seznámení s danou problematikou a dále Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. a celé fakultě FJFI za organizaci Týdne vědy.

5 Reference

[1] ŠOLC J.: *Ověření dozimetrických vlastností nového typu gelového dozimetru založeného na redukci trojmocného železa* 2003, pp. 5

Hašovací funkce – nejaktuálnější téma kryptologie

Jiří Hörner♣, Václav Rozhoň♠, Martin Vančura♠,
Gymnázium Pelhřimov♣, Gymnázium Jana Valeriána Jirsíka♠,
horner.jiri@gmail.com, jeniceknestaval@seznam.cz, marti.vancura@gmail.com

Abstrakt

Hašovací funkce jsou „zázračné“ funkce, které z dlouhých zpráv vyrábějí jejich krátké otisky (anglicky hash). Chovají se jako tzv. náhodná orákula, tedy otisky jsou jakoby náhodně vybírány. Dále musí funkce splňovat, že hašování, tedy získávání otisku zprávy, je rychlé, zatímco k danému otisku je výpočetně příliš náročné najít zprávu, která by měla tento otisk. Hašování má v současné době velmi široké využití (např. při přihlašování do emailu, digitálním podepisování, porovnávání velkých objemů dat atd.) Dokladem, že jde o téma vysoce aktuální, je fakt, že se do finále blíží soutěž o nový hašovací standard SHA-3. Vítěz by měl být vybrán koncem roku 2012.

1 Hašovací funkce

Na hašovací funkce jsou kladeny 3 základní požadavky:

- Jednocestnost
- Bezkoliznost
- Odolnost vůči hledání druhého vzoru

Definice 1 (jednocestná funkce)**.** *Funkci $f : X \to Y$ nazveme* jednocestná (one-way)*, pokud je f odolná vůči hledání vzoru: pro náhodně vybrané $y \in Y$ je výpočetně nemožné najít její* **vzor***, tj. $x \in X$ tak, že $y = f(x)$.*

Při použití hašování v kryptografii je tento požavek zásadní – znemožňuje zjištění původní zprávy. Stále to ale musí být funkce – pro stejný vstup musí generovat stejnou haš.

Definice 2 (funkce odolná vůči hledání druhého vzoru)**.** *Funkci $f : X \to Y$ nazveme* odolnou vůči hledání druhého vzoru*, pokud pro náhodně vybrané $x \in X$ je výpočetně nemožné najít* **druhý vzor** *$y = f(x)$, tj. $x' \in X,\ x' \neq x$ tak, že $y = f(x')$.*

Pokud je lehké najít druhý vzor, může dojít i k vážnému zneužití. Na obrázku 1 je vidět teoretická možnost podstrčení falešného dokumentu (má stejnou haš jako dokument, který byl elektronicky podepsán).

Poznámka 1. *Protože hašovací funkce většinou zobrazují velkou množinu X na malou množinu Y, druhé vzory v takovém případě vždy existují. (Funkce není prostá.)*

****
CONTRACT
At the price of **$176,495** Alf Blowfish
sells his house to Ann Bonidea ...

****
CONTRACT
At the price of **$276,495** Alf Blowfish
sells his house to Ann Bonidea ...

Obrázek 1: V roce 1996 H. Dobbertin prezentoval na konferenci FSE 1996 metodu nalézání kolizí u algoritmu MD4.

Definice 3 (bezkolizní funkce)**.** *Funkci $f : X \to Y$ nazveme* bezkolizní (collision-free)*, pokud je výpočetně nemožné najít $x, x' \in X,\ x \neq x'$ tak, že $f(x) = f(x')$.*

Pokud funkce není bezkolizní, není považována za kryptograficky bezpečnou, ačkoliv možnost zneužití je spíše teoretická. Snadné nalézání kolizí svědčí o některých slabinách algoritmu. Na hašovací funkce jsou kladeny ještě některé další nároky. Především se funkce má chovat jako *náhodné orákulum* (resp. pseudonáhodné orákulum), takže i při malé změně vzoru (1 bit) můžeme dostat zcela jiný výstup.

Na hašování jsou kladeny velké nároky ohledně rychlosti, a tak se v hašovacích funkcích používají jen jednoduché bitové operace – např.

- xor – pro každou dvojici bitů vrací jedna pro různé nebo nula pro stejné bity,
- add – probíhá jako normální sčítání dvou stejně dlouhých čísel, pokud je binární délka výsledku delší, zanedbáme první číslici,
- cyklický bitový posun – každý bit ve zprávě se posune o určitý počet míst doleva nebo doprava, bity, které by byly ze zprávy vyřazeny se posunou na začátek nebo na konec zprávy.

Výše zmíněné principy se dají prezentovat na *narozeninovém paradoxu.* (O paradox se v podstatě nejedná, jde spíše o neočekávaný výsledek pravděpodobnostního počtu, který dobře koresponduje s realitou.)

Věta 1 (kolize)**.** *Mějme k lidí na party, poté pravděpodobnost, že 2 lidé mají narozeniny ve stejný den, je:*

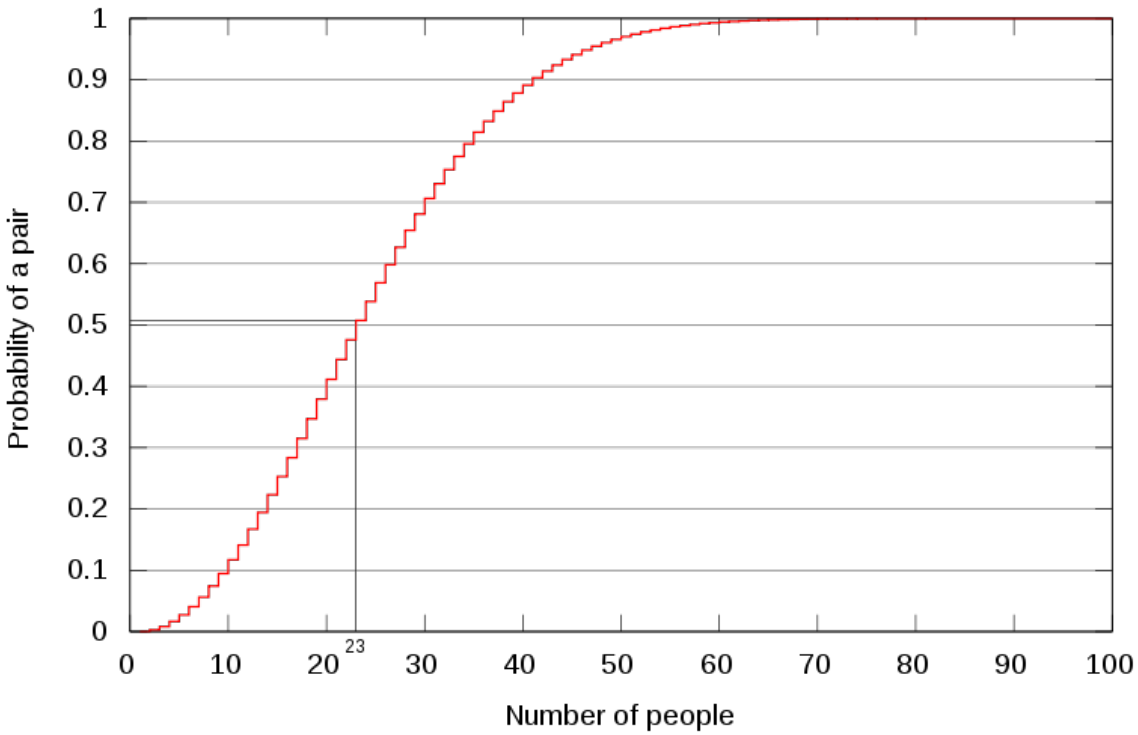
$$P(k) = 1 - \frac{365 \cdot 364 \cdot \cdots \cdot (365 - k + 1)}{365^k}.$$

Tato pravděpodobnost je překvapivě vysoká – proto paradox.

Věta 2 (druhý vzor)**.** *Mějme k lidí na party, poté pravděpodobnost, že někdo jiný má narozeniny ve stejný den jako já, je:*

$$P(k) = 1 - \frac{364^k}{365^k}.$$

Tato pravděpodobnost je daleko nižší než v prvním případě – proto je jednodušší hledat kolize než nalézt druhý vzor.



Obrázek 2: $P(365, 23) = 0,507$ a $P(365, 30) = 0,706 \Rightarrow$ ve skupině 23 lidí najdeme s pravděpodobností 50% dvojici slavící narozeniny ve stejný den, ve skupině 30 lidí s pravděpodobností 70%. Pro skupiny větší než 60 osob se pravděpodobnost blíží 100%.

2 Použití hašovacích funkcí

Hašovací funkce se využívají na mnoha místech. Podle užití se liší nároky, které na ně klademe: největší požadavky na bezkoliznost atp. jsou v kryptografii, v jiných oborech je spíše hlavní rychlost [3].

2.1 Autentizace uživatele

Hašování se používá v elektronické komunikaci k ověření totožnosti uživatele. Odesílatel ke zprávě přiloží text zprávy zahešovaný spolu s klíčem, který sdílí s adresátem. Ten po přijetí zprávu také zahešuje se sdíleným klíčem a ověří totožnost haše od odesílatele s tou, kterou vytvořil. Pokud by útočník změnil text zprávy, haše by se neshodovaly, a tím by byla zfalšovaná zpráva odhalena.

Pokud se jedná o pouhé ověření totožnosti uživatele, dotazovatel (server) odešle uživateli tzv. *challenge*, který uživatel opět spolu se sdíleným klíče zahašuje a haš odešle zpět.

2.2 Shodnost dat

Dalším využití hašování je kontrola kopírovaných dat, tedy jako ochrana před náhodnými chybami. K tomu se využívají speciální hašovací funkce, na které nejsou kladeny bezpečnostní nároky jako při autentizaci. Jednou z těchto hašovacích funkcí je *CRC* (*Cyclic Redun-*

dancy Check). Funkce vytváří tzv. kontrolní součet, který je vzhledem k velikosti souboru miniaturní, ale již při nepatrném rozdílu v souboru se změní. Srovnává se tedy kontrolní součet původního souboru a přeneseného. V případě shody jsou téměř jistě soubory identické, v případě neshody jednoznačně odlišné.

2.3 Vyhledávání

Při vyhledávání, například telefonních čísel v telefonním seznamu, se používají hašovací funkce k tvorbě *indexů* (ukazatelů) z takzvaných klíčů, například jmen v adresáři. Vyhledávácí algoritmus nemusí porovnávat klíč po klíči, ale pomocí indexu nalezne v tabulce příslušnou buňku. Číselné indexy jsou seřazeny, takže vyhledávání je mnohem rychlejší. V případě shodných indexů se na buňku může navázat další, spočítat index pomocí jiné funkce, nebo posunout soubor do další buňky určené nějakým algoritmem. Tyto postupy ovlivňují rychlost vyhledávání, která se také výrazně mění v závislosti na zaplnění tabulky.

3 Nový standard SHA-3

Hašovací funkce stojí často na nedokázaných principech, proto je přirozené, že tu a tam dojde k jejich prolomení. Roku 2004 byl prolomen hašovací standard MD5 (o dva roky později se podařilo českému kryptologovi Vlastimilu Klímovi najít kolize během jedné minuty). I u pozdějšího standardu SHA-1 se kolize umějí hledat rychleji, než je považováno za bezpečné. Proto americký úřad pro standardizaci (NIST) [2] vydal další standardní algoritmus - SHA-2. Ten je však třikrát pomalejší než SHA-1, a tak se NIST v listopadu roku 2007 rozhodl vyhlásit soutěž o hašovací funkci, která by byla dostatečně rychlá a spolehlivá, aby mohla SHA-2 nahradit.

Této soutěže se dohromady zúčastnilo 64 hašovacích funkcí od 191 autorů. Mezi nimi byly i dvě funkce s českými spoluautory - EDON-R a BMW (Blue Midnight Wish - podobnost s názvem německé automobilky je čistě náhodná). Na obou dvou programech pracovali (kromě jiných) Makedonec Danilo Gligoroski a již zmíněný významný český kryptolog Vlastimil Klíma. Oba dva programy patřily mezi nejrychlejší, ukázalo se však, že funkce EDON-R není dostatečně odolná vůči hledání vzoru, a tak do dalšího kola postoupilo spolu s dalšími třinácti kandidáty pouze BMW. V prosinci 2010 vyhlásil NIST pět finalistů, mezi které se již Blue Midnight Wish nedostal, přestože byl jeden z nejrychlejších a nebyly u něj nalezeny žádné slabiny [1]. Mezi pět postupujících funkcí patřily algoritmy BLAKE, Gröstl, JH, Keccak a Skein. Na 31. prosince letošního roku je naplánováno vyhlášení celkového vítěze soutěže o nový hašovací standard. Vítězný algoritmus pak bude zpřístupněn pro širší veřejnost, bude doporučen pro utajenou komunikaci mezi úřady atd.

4 Závěr

V rámci miniprojektu jsme se zabývali kombinatorickou pravděpodobností (složitost hledání vzoru, druhého vzoru a kolizí hašovacích funkcí), naprogramovali jsme jednoduchou hašovací funkci podle vlastního návrhu, nastudovali jsme využití hašování a blíže jsme se seznámili s právě probíhající soutěží o nový hašovací standard SHA-3.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za umožnění realizace a Ing. L'ubomíře Balkové, Ph.D. za dohled, uvedení do problému a výraznou pomoc s miniprojektem.

Reference

[1] Klíma V. *Jak dopadla soutěž SHA-3?*, Crypto-World **10** (2010), 2 – 10.

[2] http://csrc.nist.gov/groups/ST/hash/sha-3/Round2/documents/Round2_Report_NISTIR_7764.pdf (zdůvodnění NISTu k výběru 5 finalistů)

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Hash_function

Kukačkové hešování

Jaroslav Kňap, Gymnázium Turnov, knap.jaroslav@gmail.com
Matěj Plch, Gymnázium Blansko, plch.matej@gmail.com
Lukáš Černý, Gymnázium Turnov, lukascerny00@gmail.com

Abstrakt:

Pro uložení velkých objemů dat se často používají tzv. hešovací funkce. Hešovací funkce poskytují značně lepší časy v přístupech dat než lineární prohledávání, ovšem jejich problém je možnost kolizí hodnot hešovacích funkcí. V našem projektu jsme se zabývali teorií a posléze i implementací algoritmu známého jako kukačkové hešování, který řeší tyto kolize.

1 Úvod

Nejprve si definujme důležité pojmy:

Hešovací funkce slouží k převádění vstupních dat (v našem případě čísel) na jednoduché indexy.

Kolize je určitý moment, kdy jedna hešovací funkce přidělí různým číslům stejný index. Tuto situaci je nutno nějak ošetřit a právě k tomuto účelu se dá využít právě kukačkové hešování.

Kukačkové hešovaní je algoritmus který využívá dvou různých hešovacích funkcí a tabulek k urychlení vyhledávání, přidávání a odstraňování elementů. Také velmi elegantně řeší problém kolizí a využívá ho coby základ jak pro svůj princip, tak i název. Vyznačuje se konstantními přístupovými časy k datům, kdy nezávisle na objemu dat se k požadovaným informacím dostaneme nejvýše na dva pokusy, přičemž paměťová náročnost je v průměru dvojnásobná v poměru k uloženým datům.

2 Princip kukačkového hešování

K ukládání dat slouží dvě hešovací tabulky o velikosti r, kde r náleží do množiny prvočísel a dle potřeby se zvětšuje. Při pokusu o zápis čísla x do první tabulky se jeho pozice v tabulce určí pomocí hešovací funkce $h_1(x)$. Pokud je určená pozice prázdná, hodnota se zapíše a práce je hotova. Pokud je však tato pozice obsazená, číslo se na tuto pozice zapíše a původní hodnota se zapíše do druhé tabulky na index určený hešovací funkcí $h_2(x)$, přičemž číslo, které se zde nacházelo předtím, je přesunuto do první tabulky podle hešovací funkce $h_1(x)$. Podle tohoto principu dostala tato technika název, neboť je analogií chování kukaček, které po vylíhnutí v cizím hnízdě si toto hnízdo přivlastní a vyhodí ostatní vajíčka pryč.
Problém nastane, jestliže dojde k zacyklení procesu přehazování prvků, kdy nelze najít místo v tabulce pro určitý prvek, případně hledání volného místa trvá příliš dlouho. Řešením je

přehešování obou tabulek, kdy se určí nová velikost tabulek podle nového prvočísla *r* a určí se nové hešovací funkce $h_1(x)$ a $h_2(x)$. Následně se již zapsaná data přepíší do nových tabulek podle nových hešovacích funkcí. V zájmu výpočetní a paměťové efektivity je vhodné, aby nové tabulky byly alespoň dvakrát větší než ty předcházející. Zabrání se tak příliš častému přehešovávání tabulek při zachování rozumné paměťové náročnosti.

3 Vlastní implementace

Kukačkové hešování jsme realizovali ve vývojovém prostředí Borland Delphi.

Uvedeme několik příkladů použitých algoritmů:

Funkce `lookup` - slouží k vyhledávání dat

```
function lookup(x: integer):boolean;
begin
        if (tabulka1[h1(x)] = x) or (tabulka2[h2(x)]=x) then lookup := true
        else lookup := false;
end;
```

Procedura `insert` – slouží k uložení zadané hodnoty

```
procedure insert(x: integer);
var i, p, hash: integer;
begin
        if lookup(x) then exit;
        for i := 1 to 100 do begin
                hash := h1(x);
                if  tabulka1[hash] = -1 then begin
                        pocet1:=pocet1+1;
                        tabulka1[hash] := x;
                        exit;
                end;
                p := x;
                x := tabulka1[hash];
                pole1[hash] := p;
                hash := h2(x);
                if  tabulka2[hash] = -1 then begin
                        pocet2:=pocet2+1;
                        tabulka2[hash] := x;
                        exit;
                end;
                p := x;
                x := tabulka2[hash];
                tabulka2[hash] := p;
        end;
        if hashing then begin
           uspech:=false;
           exit;
        end else begin
           rehash;
           insert(x);
        end;
end;
```

Použité hešovací funkce:

$$h_1(x) = x \bmod r \qquad h_2(x) = \left\lfloor \frac{x}{r} \right\rfloor \bmod r$$

4 Metodika testování

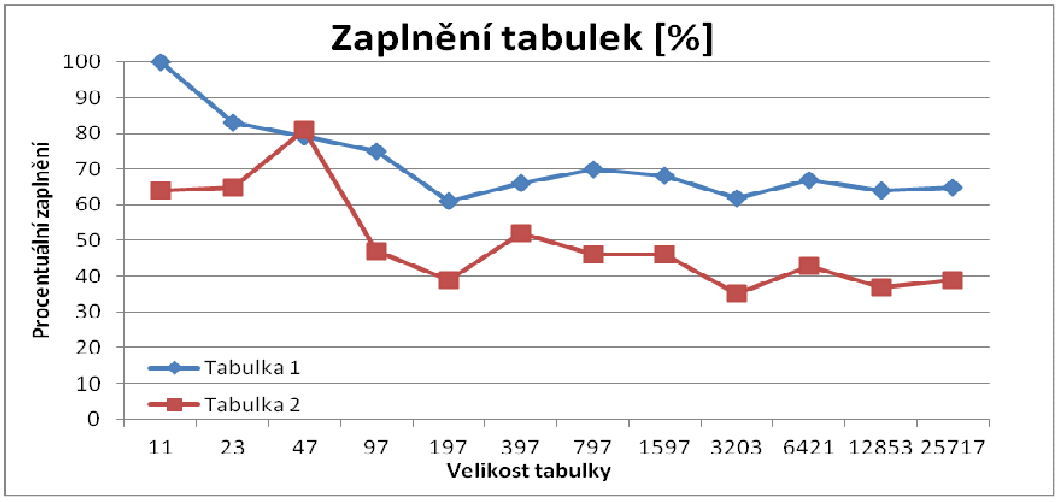
Jako hlavní testovací metodu výkonnosti tohoto algoritmu jsme použili generátor pseudonáhodných čísel, který generoval čísla z intervalu (0… 9 999 999 999), než se dosáhlo dvanáctého přehešování tabulek. Tato hodnota byla zvolena z důvodu přiměřené časové náročnosti. V průběhu chodu programu jsme zaznamenávali procentuální obsazenost tabulek před každým přehešováním.

Také jsme se zamysleli nad kvalitou generátoru pseudonáhodných čísel a pro zajímavost jsme vyzkoušeli efektivitu algoritmu i na jiném souboru dat, konkrétně na množině náhodných prvočísel.

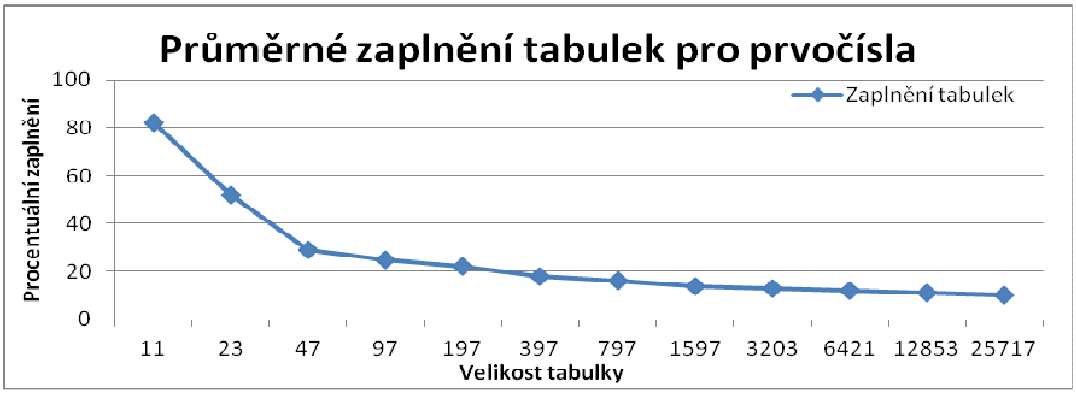
5 Naměřené výsledky

Počet hodnot, které byly zapsány do tabulek, osciloval okolo 25 000. Následující grafy ukazují procentuální využití tabulek.

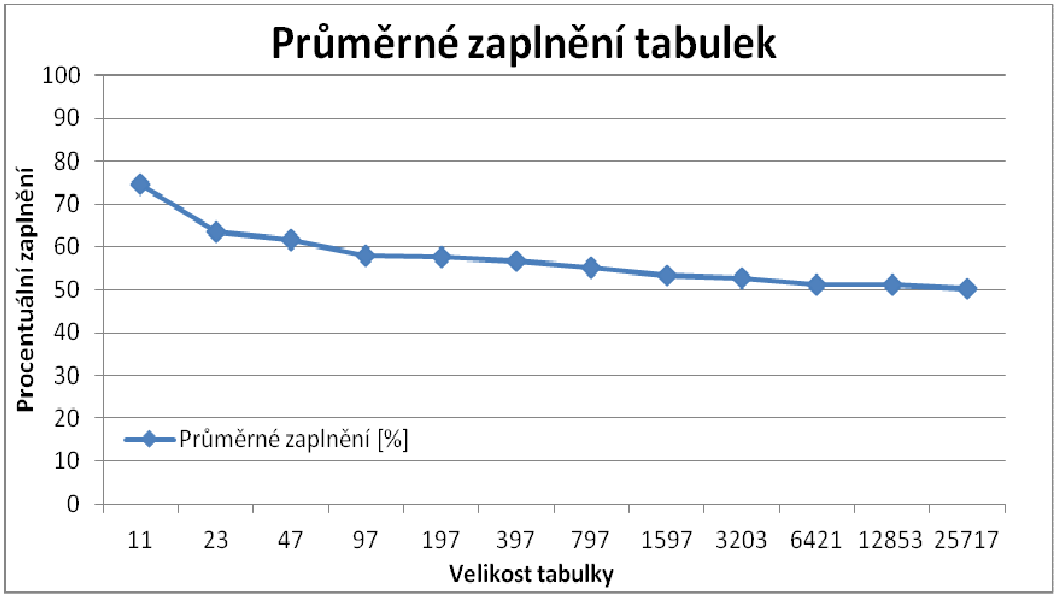
Graf 1: Ukázka konkrétního měření



Graf 2: Průměrné zaplnění tabulek u prvočísel



Graf 3: Průměrné zaplnění tabulek před přehešováním



Z výsledků vyplývá, že naše implementace kukačkového hešování je schopna využít průměrně 50 % dostupného místa v tabulkách, než je třeba tabulky přehešovat. Záleží však na použitém souboru dat, při použití prvočísel jako vstupních dat dochází k velkému plýtvání pamětí. Tento nedostatek je způsoben použitím nedokonalých hešovacích funkcí.

Výsledné hodnoty odpovídají naměřeným hodnotám v originální práci [1] autorů kukačkového hešování.

6 Shrnutí

Podařilo se nám pochopit a také vytvořit vlastní implementaci algoritmu kukačkového hešování s využitím vývojového prostředí Borland Delphi. K tomuto účelu jsme využili poměrně jednoduché hešovací funkce, které pracují s prvočísly.

Poděkování

Děkujeme FJFI za uspořádání Týdne vědy na Jaderce a poskytnutí zázemí nutného k uskutečnění našeho projektu.

Dále děkujeme našemu garantovi doc. Ing. Jaromíru Kukalovi, Ph. D. za ochotnou pomoc a rady při realizaci našeho projektu.

Reference:

[1] PAGH, R. – RODLER, F. F.: *Cuckoo Hashing,* [online], 2001, Dostupné z: http://www.it-c.dk/people/pagh/papers/cuckoo-jour.pdf, [citováno 18. června 2012]

[2] PAGH, R.: *Cuckoo Hashing for Undergraduates,* [online], 2006, Dostupné z: http://www.it-c.dk/people/pagh/papers/cuckoo-undergrad.pdf. [citováno 18. června 2012]

Holografie – realizace reflexního hologramu

P. Maraczek, Gymnázium Vídeňská 47, Brno
patrikmaraczek@seznam.cz
J. Bahyl, Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina
jakubilinko@gmail.com
R. Hons, Gymnázium Třebíč, Třebíč
richard.hons@centrum.cz

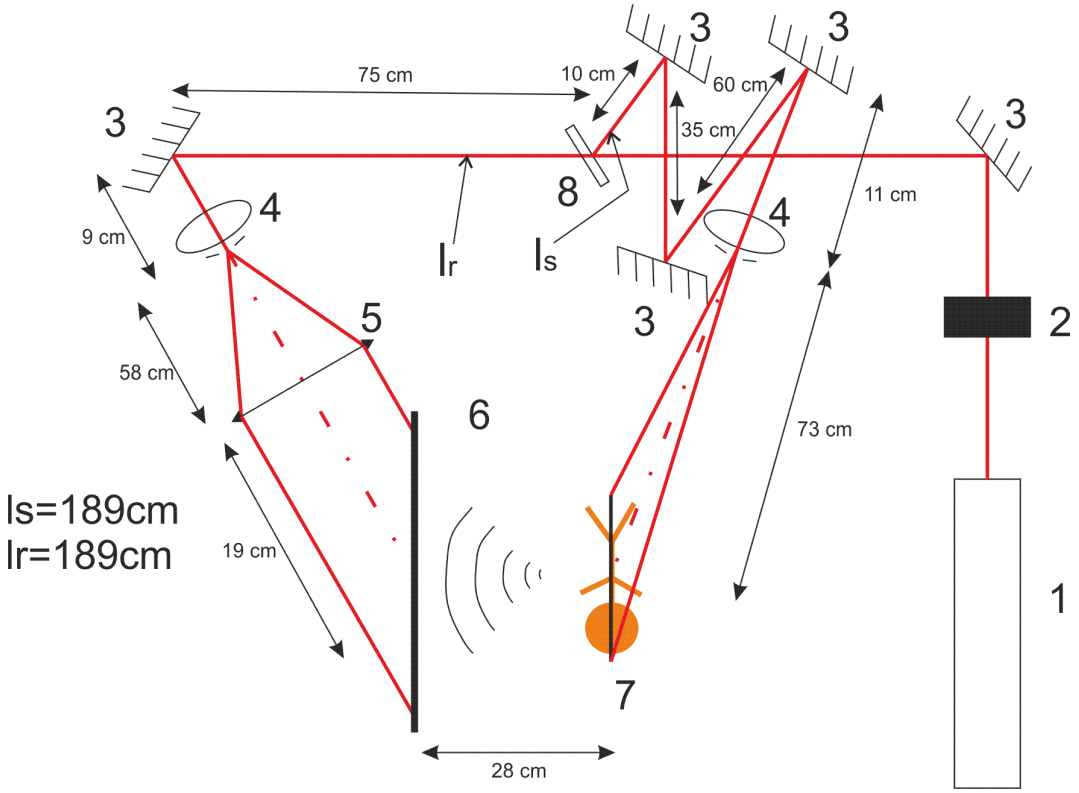
Abstrakt:
V práci jsme se zabývali realizací reflexního hologramu. Hologram jsme realizovali procesem kopírování z transmisního hologramu. Cílem bylo sestavení optické aparatury, expozice a následné vyvolání hologramu.

1 Úvod

Holografie je metoda záznamu obrazu, která, na rozdíl od např. fotografie, zachovává třídimenzionální charakter předmětu. Záznam hologramu vyžaduje dva koherentní svazky světla, které lze vytvořit pomocí děliče svazku. Jeden dopadá na záznamové médium odrazem od předmětu jako takzvaná signální vlna. Druhý svazek dopadá na záznamové médium přímo jako vlna referenční. Tyto svazky spolu interferují a jejich interferenční obrazec je zachycen na záznamovém médiu. Pokud na vyvolaný hologram dopadá svazek shodný s referenčním, pak se difrakcí světla na zaznamenané struktuře vytvoří obraz předmětu. Existují dva základní typy hologramů, transmisní a reflexní. Při rekonstrukci transmisního hologramu pozorujeme obraz ve světle, které prošlo hologramem. Při rekonstrukci hologramu reflexního pozorujeme obraz ve světle od hologramu odraženém. Transmisní hologram lze rekonstruovat pouze laserem, kdežto reflexní i bílým světlem.

2 Vlastní experiment

Zabývali jsme se kopírováním transmisního hologramu (masteru) na hologram reflexní. Jako zdroj světla jsme použili červený laser (He-Ne s vlnovou délkou 632,8nm). Samotný záznam jsme realizovali na optické soustavě umístěné na odpruženém stole (kvůli otřesům). Popis a rozmístění optických prvků viz Obr. 1.1.



Obr. 1.1 – Schéma kopírování masteru. 1 – laser; 2 – závěrka; 3 – zrcátko; 4 – objektiv s prostorovým filtrem; 5 – spojná čočka; 6 – master (transmisní hologram); 7 – záznamové médium; 8 – dělič.

Záznam byl vytvořen na skleněnou desku pokrytou fotocitlivou halogen-stříbrnou emulzí (AgBr). K výrobě hologramu je třeba, aby rozdíl drah obou svazků od děliče k záznamovému materiálu byl výrazně menší než koherentní délka laseru (v našem případě byl nulový). Po nastavení stejných délek svazků jsme seřídili všechny optické prvky (zrcátka, objektivy, prostorové filtry, čočky). Dále jsme nastavili vzájemnou intenzitu referenčního a signálního svazku pomocí děliče. Dobu expozice t jsme určili z rovnice :

$$t = \frac{E}{I_\Sigma}, \qquad \text{kde} \qquad I_\Sigma = I_S + I_R \qquad \text{a} \qquad I_R = I_R^0 \cdot \cos\alpha.$$

I_s = 10.5 $\mu W/cm^2$ je intenzita signálního svazku, I_r intenzita referenční vlny v rovině záznamového materiálu, E = 600 $\mu J/cm^2$ expoziční energie, I_r^0 = 34 $\mu W/cm^2$ intenzita referenční vlny (měřeno kolmo na svazek), α = 54° úhel dopadu referenčního svazku, I_Σ výsledná intenzita v rovině záznamového materiálu.

Celý proces expozice probíhal v zatemněné místnosti při mírném zeleném světle (náš záznamový materiál byl citlivý na červené světlo, takže nemohl být poškozen). Po vložení záznamového materiálu bylo nutné místnost opustit, aby nevznikly nežádoucí vibrace. Po uplynutí přibližně 10 minut jsme se do místnosti opatrně vrátili a spustili závěrku nastavenou na $20\,\mathrm{s}$. Po expozici jsme desku se záznamovým materiálem postupně vyvolali, opět při zeleném světle. Nejprve jsme použili vývojku po dobu dvou minut (nejdůležitější složkou je pyrokatechol). Vývojka redukuje ionty Ag^+ na Ag. Destička zčernala už za cca $30\,\mathrm{s}$. Následovalo opláchnutí pod tekoucí vodou. Dalším krokem bylo čtyřminutové bělení destičky v běličce (kyselina sírová, bromid draselný, dvojchroman draselný). Následovalo opět opláchnutí pod tekoucí vodou. Poslední chemikálií bylo organické smáčedlo (úprava povrchového napětí vody a s tím spojené rovnoměrné schnutí). Vyvolaný hologram se sušil

v sušící skříni. Po vyschnutí hologramů jsme zalaminovali stranu s citlivou emulzí (kvůli mechanické ochraně).

3 Výsledky experimentu

Výsledkem našeho experimentu jsou tři plně funkční hologramy. Vytvořili jsme reflexní hologramy kopírováním z transmisní předlohy a potvrdili jsme možnost rekonstrukce reflexního hologramu bílým světlem (viz Obr. 3.1).

Obr. 3.1 – Rekonstrukce reflexního hologramu

Poděkování

Poděkování patří skupině optické fyziky při Katedře fyzikální elektroniky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a především garantům: Ing. Jakubu Svobodovi PhD., Ing. Martinu Possoltovi.

Reference

[1] SAXBY, G.: *Practical holography* Prentice Hall, 1994

[2] HARIHAN, P.: *Optical holography* Cambridge univerzity press, 1996

[3] FIALA, P. - RICHTER, I.: *Fournierovská optika a optické zpracování signálů* Vydavatelství ČVUT, 2004

[4] *http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_04.pdf*

[5] *http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/PPOP_03.pdf*

Kritický stav jaderného reaktoru

D. Nedvídek[1], D. Dudáš[2], P. Eichler[3], J. Hradil[4]
Gymnázium Hodonín[1]; Gymnázium Studentská, Havířov[2];
Gymnázium Teplice[3]; Gymnázium, Praha 6, Arabská 14[4]
jakub-hradil@seznam.cz

Abstrakt:

S využitím výpočetního kódu MCNP5 jsme provedli sérii výpočtů, které se snaží ukázat, jak se projeví změna rozteče reaktorové mříže, různá míra obohacení paliva a přítomnost vodní mezery na koeficientu násobení jaderného reaktoru. Výsledkem je srovnání hodnot relativních výkonů krajních proutků v palivovém souboru a koeficientů násobení pro různé vstupní parametry.

1 Úvod

Naším úkolem bylo zjistit, co znamená, že reaktor dosáhne kritického stavu a s čím tento stav souvisí. Dále jsme porovnávali, jak se změní koeficient násobení reaktoru, pokud budeme měnit míru obohacení paliva nebo rozteč palivových proutků v reaktorové mříži. Jako další jsme porovnávali relativní výkon krajních proutků v palivovém souboru, u nichž jsme měnili obohacení a rozteč kazet.

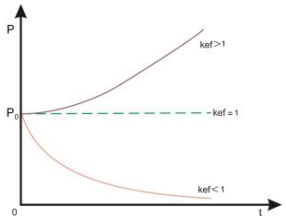
2 Kritický stav reaktoru

Z hlediska kritičnosti může jaderný reaktor dosáhnout 3 stavů, podkritického, kritického a nadkritického. Pro stav podkritický platí, že klesá počet neutronů, což vede ke zpomalení až zastavení reakce. Reaktor v kritickém stavu si drží stálý počet neutronů a stálý výkon. Pokud se reaktor nachází v nadkritickém stavu, počet neutronů se zvyšuje a štěpná reakce se může stát nekontrolovatelnou. Naše snaha je tedy reaktor při běžící štěpné reakci udržet v kritickém stavu. Míru kritičnosti jaderného reaktoru lze charakterizovat tzv. koeficientem násobení:

$$k_{ef} = n_i / n_i\text{-}1$$

kde k_{ef} je koeficient násobení, n_i je počet neutronů vzniklých v aktuální generaci a n_i-1 je počet neutronů vzniklých v předcházející generaci, přičemž platí:

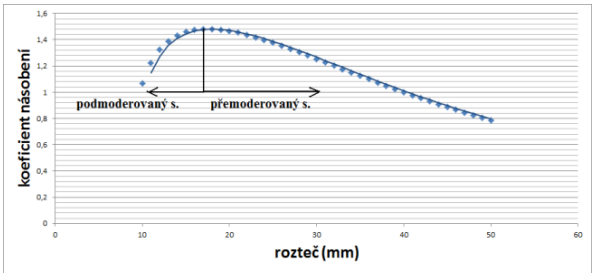
k>1 – reaktor je v nadkritickém stavu
k=1 – reaktor je v kritickém stavu
k<1 – reaktor je v podkritickém stavu



Pro výpočty jsme použili výpočetní kód MCNP5 vyvinutý v laboratoři v Los Alamos v USA. Program využívá model palivové kazety, ve kterém se pouze specifikují rozměry a použité materiály. Pro náš výpočet jsme uvažovali palivovou kazetu pro reaktory VVER 1000 s trojúhelníkovou mříží, která se skládá z 331 proutků, z toho 312 palivových proutků, 18 trubek pro regulační tyče a 1 centrální instrumentální trubka. Palivové články obsahují UO_2 o různém obohacení ^{235}U, které jsou uzavřeny do povlaku ze slitiny zirkonia a niobu. Regulační tyče jsou vyrobeny z B_4C. Ve výpočtu jsme měnili 2 faktory, které ovlivňují koeficient násobení – míru obohacení proutků a rozteč mříže, tedy vzdálenost proutků od sebe.

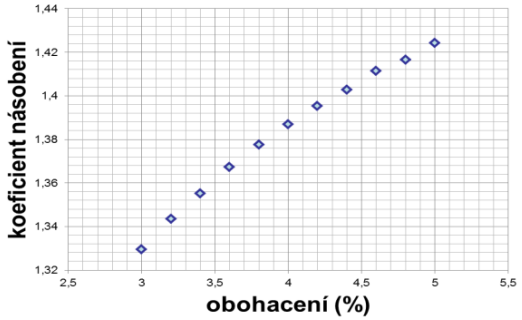
3 Výsledky

V nekonečné reaktorové mříži bylo zjištěno, že mezní vzdálenost proutků, aby nedošlo k přemoderování reaktoru, je 17 mm. Ve skutečnosti se používá rozteč nižší (v reálném palivovém souboru 12,75 mm), aby v případě náhlého nárůstu teploty a úbytku moderátoru bylo možné reaktor bezpečně provozovat.



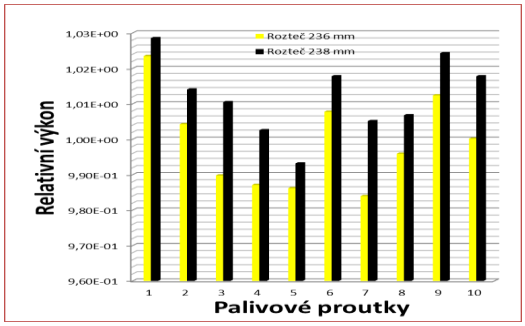
Obr. 2: Graf závislosti koeficientu násobení na rozteči palivových proutků.

Další výpočet ukázal, že mezi obohacením paliva a koeficientem násobení je při konstantní vzdálenosti jasný vztah, čím více obohatíme palivo, tím vyšší bude koeficient násobení.

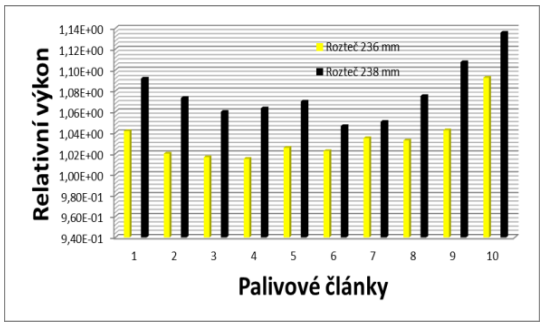


Obr. 3: Graf závislosti koeficientu násobení na obohacení paliva izotopem ^{235}U.

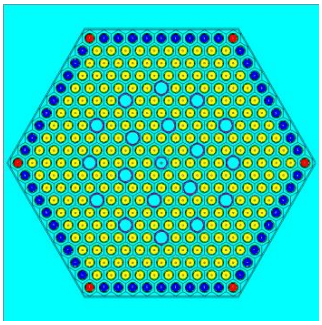
V dalším výpočtu jsme porovnávali relativní výkon krajních proutků s 4,4% obohacením ^{235}U. Palivové kazety budou buď těsně u sebe, nebo mezi nimi bude rozestup 2 mm vyplněný vodou. Prokázalo se, že krajní proutky s vrstvičkou vody mají vyšší relativní výkon, protože je okolo nich více moderátoru a tudíž větší počet neutronů, které mohou obohacené palivo štěpit. Na tento výpočet navázal výpočet další, s nímž se porovnávalo totéž, ovšem s různými hodnotami obohacení proutků. Proutky ve vrcholech (zde číslo 10) měly obohacení 4,2 %, ostatní krajní proutky 4,3 %.



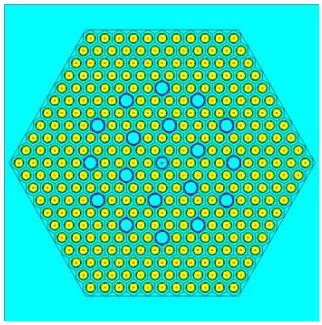
Obr. 4: Graf porovnávající relativní výkon krajních proutků (4,4% obohacení) s vodní mezerou (černá) a bez ní (žlutá).



Obr. 5: Graf porovnávající relativní výkon krajních proutků (1-9 – 4,3% obohacení; 10 – 4,2% obohacení) s vodní mezerou (černá) a bez ní (žlutá).

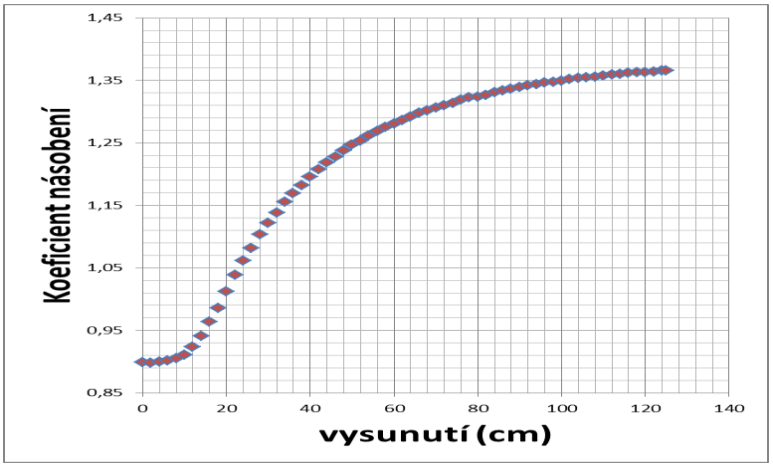


Obr. 6: Schéma kazety s různým obohacením (žlutá 4,4 %, modrá 4,3 %, červená 4,2 %)

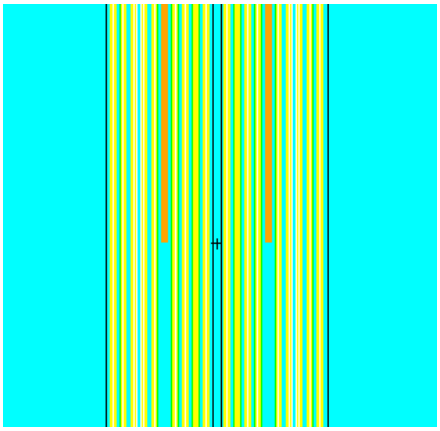


Obr. 7: Schéma kazety se stejným obohacením (4,4 %)

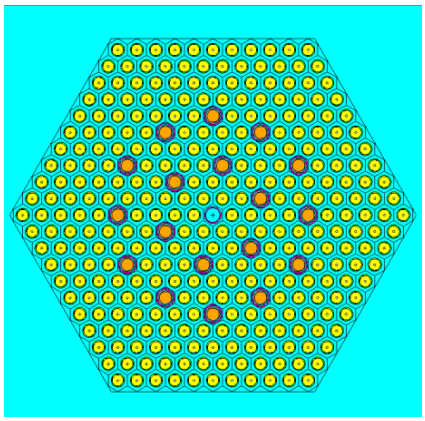
V další fázi jsme mapovali změnu koeficientu násobení reaktoru v závislosti na míře vysunutí regulačního klastru. Jak je patrné, u této kazety má zasouvání regulačního klastru největší účinek cca ve spodní čtvrtině délky.



Obr. 8: Graf závislosti koeficientu násobení na míře vysunutí regulačních tyčí.



Obr. 9: Boční pohled na palivovou kazetu s částečně vysunutými regulačními tyčemi.



Obr. 10: Pohled shora na palivovou kazetu se zasunutými regulačními tyčemi.

3 Shrnutí

V reálném palivovém souboru je rozteč mříže 12,75 mm. Tato hodnota má ležet pod mezní hodnotou, aby se reaktor nacházel v podmoderovaném stavu, tedy přinášel zápornou teplotní zpětnou vazbu reaktivity. Výpočtem bylo zjištěno, že mezní hodnota pro danou reaktorovou mříž je 17 mm, reálný palivový soubor je tedy skutečně podmoderovaný.

V dalším výpočtu jsme potvrdili obecně očekávaný fakt, že s rostoucí mírou obohacení paliva izotopem ^{235}U bude růst i koeficient násobení.

Třetí výpočet porovnávající relativní výkony krajních proutků ukázal, že proutky s větším obohacením mají i větší relativní výkon. V obou případech se navíc potvrdilo, že přítomnost vodní mezery se projevila na zvýšeném relativním výkonu proutků.

Poslední výpočet zjišťoval, jak bude ovlivněn koeficient násobení v závislosti na vysunutí regulačních tyčí. Pro hodnotu koeficientu násobení 1 je nutné regulační klastr vysunout o cca 19 cm.

Poděkování

Obrovský dík patří našemu supervizorovi Martinu Suchopárovi za obsluhu programu, který prováděl výpočty nezbytné pro naši práci, a za vyjasnění dané problematiky.

Dále bychom chtěli poděkovat realizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce 2012 za zorganizování této akce.

Reference:

[1] ZEMAN, J.: *Reaktorová fyzika* ČVUT, Praha 1999

[2] BRIESMEISTER, J. F.: MNCP – *A general Monte Carlo N-Particle Transport Code* Los Alamos National Laboratory, 1999

[3] BRANDEJSKÁ, H a kol.: *Kritický stav jaderného reaktoru* FJFI ČVUT, 2009

Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku

M. Caha – Gymnázium Velké Meziříčí
A. Červenková – Gymnázium Sokolov
L. Šimková – Gymnázium Bučovice
Š. Zbožínková – Gymnázium Bučovice

nitramahac@seznam.cz
Ancervenkova@gmail.com
simklu.xD@seznam.cz
sarka1309@seznam.cz

Abstrakt:

Naším úkolem bylo seznámit se se základními pojmy v oblasti měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku a analýzy signálu. Dále jsme na Ústavu termomechaniky Akademie věd České Republiky (ÚT AV ČR, v. i .i.) seznámili s experimentem, který probíhá pod vedením Ing. Zdeňka Převorovského, CSc. Naším cílem bylo analyzovat signál pomocí programu MATLAB.

1 Úvod

Kůže je největší lidský orgán, který zajišťuje řadu životně důležitých funkcí (např. metabolická, termoregulační, vylučovací, …). Z fyziologického hlediska byla kůže již zcela prozkoumána, zato její mechanické vlastnosti stále zůstávají neprobádaným územím. Neustálým namáháním kůže stárne a ztrácí pružnost a tento jev bychom chtěli minimalizovat. Výsledky mohou přispět v oblasti dermatologie, plastické chirurgie nebo v kosmetickém průmyslu. Během experimentu je pokožka stupňovitě namáhána v tahu a zároveň je vysílán ultrazvukový impulz. Sledujeme relaxaci pokožky a šíření impulzu. Měření probíhá *in vivo*, tedy v žijící tkáni neoddělené od těla.

2 Základní pojmy

- **Kůže**

Kůže se skládá ze tří základních vrstev – *epidermis* (pokožka), *dermis* (škára) a *hypodermis* (podkožní vazivo).

Horní vrstva pokožky neustále rohovatí, buňky odumírají a odlupují se. Ve spodní vrstvě se buňky neustále dělí a vytlačují starší k povrchu. Celá pokožka se obnoví jednou z 3 týdny, během života se buněk vymění 18-22 kg. V této vrstvě se nachází také melanin – pigment, který ovlivňuje barvu vlasů, očí a kůže.

Škára je asi 3 mm silná, odolná a pružná vrstva, obsahující krevní a lymfatické cévy, nervová zakončení, mazové a potní žlázy. Je tvořena vlákny kolagenu a elastinu, které zajišťují pevnost a pružnost pokožky. Kolagenová vlákna jsou vysoce pevná v tahu, zatímco elastinová se prodlužují a navracejí do původního stavu.

Podkožní vazivo zajišťuje tepelnou izolaci těla a je zásobárnou energie díky tukovým buňkám.

- **Viskoelasticita**

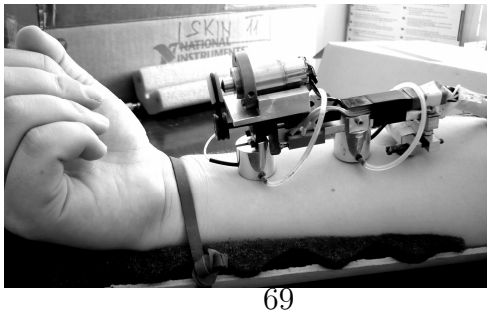
Viskoelastická látka je kombinací viskózní a elastické, což znamená že má nenulovou viskozitu a zároveň po odstranění vnějšího silového působení se vrací do původního tvaru. Patří mezi ně např. polymery (kaučuk, PVC, polystyren, …) a také kůže, kterou řadíme mezi biopolymery. Pro zkoumání viskoelastických vlastností používáme experimenty relaxaci a *creep*. Při relaxaci je látka skokově deformována a my sledujeme časový průběh napětí. Naopak při creepu na látku přivedeme skokově napětí a tentokrát sledujeme časový průběh deformace. Věda zabývající se vztahy mezi deformací, napětím a rychlostmi deformace pro různé látky se nazývá reologie.

- **Ultrazvuk**

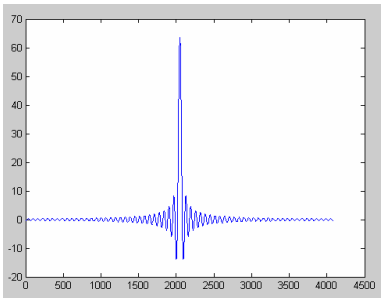
Ultrazvuk je akustické vlnění s frekvencí nad 20 kHz, mechanické kmitání částic určené frekvencí, amplitudou a rychlostí šíření v prostředí. Uplatňuje se v lékařství, diagnostice biologických tkání nebo např. v nedestruktivním testováním materiálu. Vlny jsou při průchodu prostředím pohlcovány a tlumeny rozptylem, platí Snellův zákon odrazu, Huygensův princip atd. Při vlnění rozlišujeme vlny podélné, které kmitají přímočaře ve směru šíření vlnění, a vlny příčné (*smykové*) kmitající kolmo na směr šíření. Jejich speciálním případem jsou vlny povrchové (*Rayleighovy*) a deskové (*Lambovy*). Každý z typů výše zmíněných vln se šíří různou rychlostí.

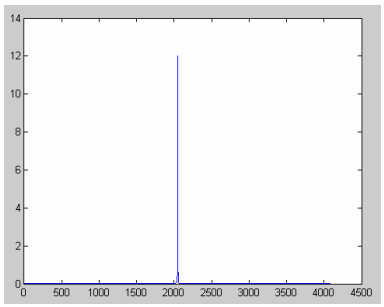
- **Experiment**

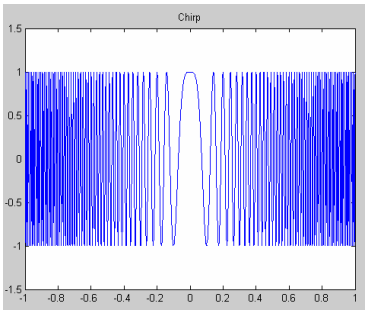
Kožní tkáň zkoumáme *in vivo* (oproti *ex vivo* – vzorek odebraný z žijící tkáně, *in vitro* – mrtvá tkáň). Používáme metodu zatěžování v rovině. Veličiny, které sledujeme jsou rychlost ultrazvuku a jeho útlum během šíření kožní tkání. Základem experimentu je zatěžovací přístroj zkonstruovaný na ÚT AV ČR, v. i. i., který zajišťuje stupňovité namáhání pomocí elektromotoru a sondami vysílá a přijímá ultrazvukové signály. Skládá se ze tří ultrazvukových sond (1 vysílací, 2 přijímací) opatřených podtlakovými přísavkami, které jsou pevně přichyceny na kůži díky odsáváni vzduchu odsávací pumpičkou. Přístroj je umístěn na radiální části předloktí. Akustickou vazbu mezi pokožkou a sondou zprostředkovává včelí med (svými vlastnosti umožňuje přenášení smykových vln). Během experimentu sbíráme data, z kterých následně vyhodnotíme rychlost signálu v závislosti na namáhání pokožky.



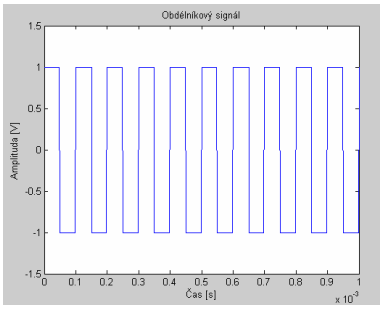
- **Zpracování dat v MATLABu**
  Vygenerovali jsme základní impulzy, některé z nich jsou k vidění na obrázcích níže.



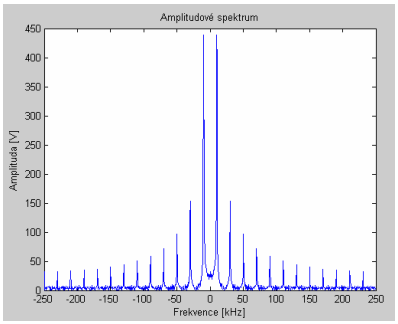


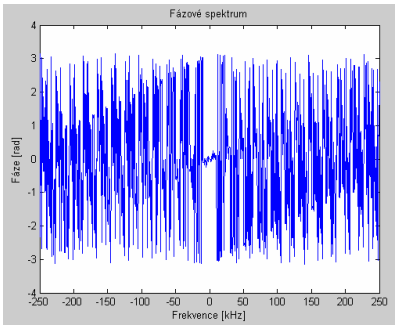


Dále jsme zpracovávali úlohu o vygenerování obdélníkového signálu s frekvencí 10 kHz. Vzorkovací frekvenci jsme podle Nyquistova teorému zvolili 500 kHz, tedy více než 2x vyšší hodnotu než je frekvence vzorkovaného signálu.



Tento signál jsme analyzovali pomocí Fourierovy transformace, která signál rozložila do harmonických signálů. Neboli převedla signál z časové oblasti do frekvenční.





Na prvním obrázku je zobrazeno amplitudové spektrum, kde velikosti amplitud (spektrálních čar) jsou příspěvky každé harmonické (alikvótního tónu) k celkovému původnímu signálu.

Fázové spektrum na druhém obrázku zobrazuje počáteční fáze každé ze složek.

3 Závěr

Seznámili jsme se s experimentem jehož cílem bylo zjistit mechanické vlastnosti kožní tkáně, především elasticitu, pomocí skokového zatěžování v tahu a současného vysílání ultrazvukových impulzů, jejichž rychlost závisí právě na vlastnostech dané kožní tkáně.

Zároveň jsme rozšířili své znalosti v oblastech týkajících se lidské kůže, viskoelasticity a ultrazvuku. Věcí, kterou musíme vyzdvihnout, je zajisté exkurze do laboratoří na ÚT AV ČR v. i. i., která nás nadchla, zejména díky přístroji, který je hlavním objektem ve zmíněném experimentu. Na závěr jsme se seznámili s počítačovým programem MATLAB, nepostradatelným nástrojem pro zpracování signálů a dalších výpočtů. My jsme ho využili na analyzování zvolených signálů.

Poděkování

V první řadě děkujeme naší báječné a obětavé supervizorce Ing. Janě Hradilové. Dále Ing. Zdeňkovi Převorskému CSc., který je autorem celé myšlenky experimentu a který nám umožnil exkurzi na vrcholné vědecké pracoviště ÚT AV ČR v. i. i. V neposlední řadě musíme vyjádřit vděčnost Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a FJFI ČVUT v Praze za uspořádání Týdne vědy na Jaderce.

Reference:

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

[2] WEEKS, M.: Digital Signal Processing Using MATLAB and Wavelets, David F. Pallai, 2007.

Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund

Michal Schnürch, Matiční gymnázium Ostrava
michalschnurch@seznam.cz

Abstrakt
Cílem toho projektu bylo seznámení s laserem a jeho vlastnostmi. Tudíž s tím co to laser (potažmo laserový paprsek je), jak vzniká a jeho vlastnosti. A dále měření těchto vlastností, kterými jsou vlnová délka, délku pulsu, energii (a odpovídající výkon) a příčný profil svazku.

1. Laser a jeho využití

Laser jako takový byl vynalezen v roce 1960. Od této doby našel velkou spoustu různých oblastí využití, ve kterých se drží do dnes. Můžeme zmínit kupříkladu lékařství, kde je ceněn například u očních operací, zákrocích v mozkové části, zubní medicína a to hlavně pro to, že umožňuje zákrok neinvazivního charakteru. Tím je myšleno, že laser je schopný proniknout do lidského těla bez toho, aby jej poškodil a při soustředění více paprsků v jednom místě už soustředěná energie schopna řezat, či odpařovat tkáň. Díky tomu jsme schopni v mnohých případech operovat člověka, aniž bychom ho museli „rozřezat“. Další velké využití je průmyslu, jelikož laser dokáže být velmi přesný a využívá se ke svařování a řezání. Můžeme díky němu měřit vzdálenosti podle jeho zpětného odrazu nebo zapisovat a číst data na optických discích. A samozřejmě laserová ukazovátka…

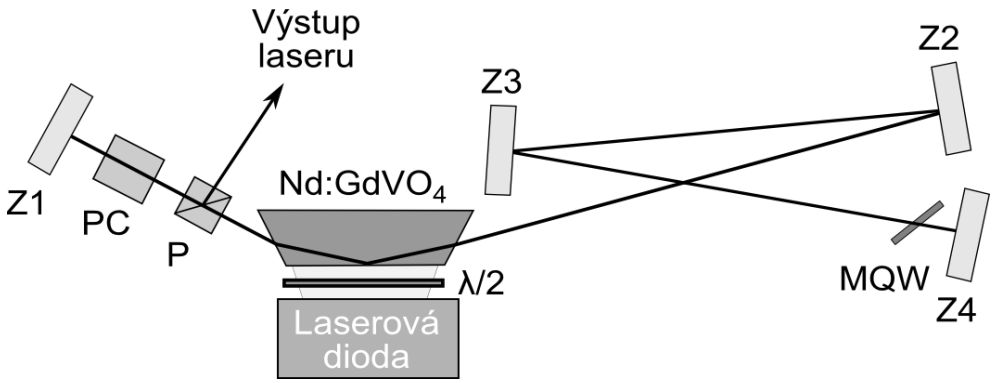
2. Princip fungování laseru

Laserový paprsek je svazek naprosto totožných fotonů pohybujících se prostorem v přímce.
Základem laseru je aktivní prostředí, kterým může být pevná látka, kapalina, plyn a polovodiče (které sice jsou také pevnou látkou, ale fungují na trochu jiném principu a je jich takové množství, že si vysloužili kategorii jen pro sebe). Toto aktivní prostředí nějakým způsobem ozáříme, kdysi se za tímto účelem používali výbojky, ale dnes je nahradily diody nebo méně výkonnější lasery. Důsledkem toho ozáření je, že se v našem aktivním prostředí některé elektrony dostávají do vyšších energetických hladin. Následně se elektrony vracejí zpátky na původní energetickou hladinu, a aby srovnali energii, dochází k vyzáření fotonů, které vylétnou pryč. Tyto fotony jsou následně zrcadlem odraženy a vráceny zpátky do aktivního prostředí, kde dochází ke srážkám těchto fotonů s elektrony s vyšší energetickou hladinou. Po srážce se i tyto elektrony vrací na původní energetickou hladinu a tím dochází k vytvoření dalších zcela identických fotonů. Tyto fotony se pak dostávají k druhému polopropustnému zrcadlu, kde část fotonů projde a zbytek se odrazí zpět do aktivního prostředí a opět se sráží s elektrony a odráží se od prvního zrcadla zpět…

3. Experimentální uspořádání

Uspořádání laseru je znázorněno na obrázku 1. [1]
Laserový systém se skládá z následujících prvků:
Z1-Z4: zrcadla optického rezonátoru
PC+P: Pockelcova cela a polarizátor umožňují výběr jednotlivých impulsů
MQW: zajišťuje impulsní režim laser (tzv. režim synchronizace modů)
Aktivním prostředím je Nd:$GdVO_4$ (Neodymem dopovaný Gadolinium Vanadát).

Laserová dioda ozařuje Aktivní prostředí.



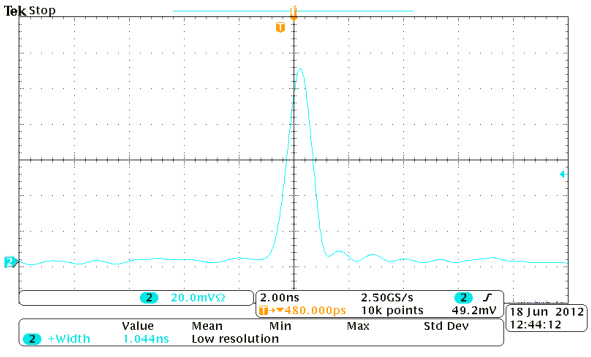
Obr 1 Schéma Laseru

4. Výsledky měření

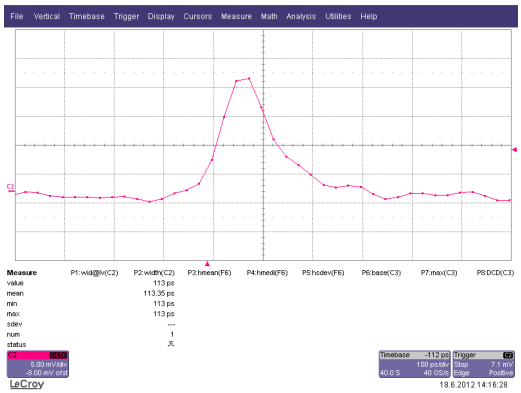
U měření je nejpodstatnější bezpečnost a tu zde tvoří hlavně ochranné brýle. Jednotlivé součástky určené k měření či zaznamenávání vkládáme přímo do svazku laseru, je-li to nutné, chráníme je před poškozením pomocí filtrů.

Měření délky pulsu

Fotodioda zaměřená laserem je napojená na osciloskop, který nám ukazuje časové průběhy pulsů a jejich délku. Osciloskopy jsme využili dva, přičemž každý z nich byl jinak citlivý a přesný. První osciloskop (Tetronix DPO 3032) nám udal délku 1,044 ns (obrázek 2) což je na hranici měřícího rozsahu přístroje. Druhý osciloskop (LeCroy SDA9000, obrázek 3), podstatně přesnější, výkonnější a dražší zařízení než ten první, ukázal dokonce hodnotu přibližně 10x menší a to 113 ps (což je 0,113 ns). To je dost podstatný rozdíl způsobený hlavně nepřesností prvního osciloskopu a tím, že se hodnoty pohybovali za hranicí měřícího rozsahu přístroje, proto považujeme výsledek druhého osciloskopu za mnohem reálnější.



Obr. 2 časový průběh pulsu zaznamenaný prvním osciloskopem



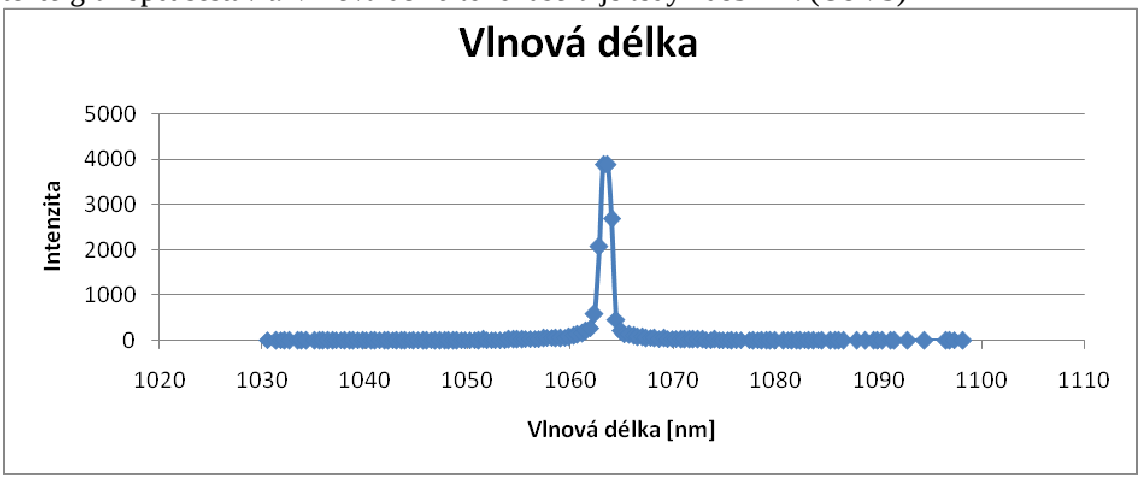
Obr. 3 časový průběh pulsu zaznamenaný druhým osciloskopem

Měření energie a výpočet výkonu

Energetická sonda (Coherent J-25MB-CE) nám udala hodnotu 1,8 mV, to je nutno ještě přepočítat vzhledem k jejím vlastnostem a to podělením 140 V/J, abychom získali energii jednoho impulsu laseru, která vychází $13x10^{-6}$ J. Z té můžeme spočítat Průměrný výkon vynásobením počtem pulsů v sekundě, kterých je 10. A průměrný výkon je tedy 0,13 mW. Dalším vypovídajícím parametrem je tzv. špičkový výkon, ke kterému se dostane podělením energie délkou pulsu, to vychází 130 kW.

Měření vlnové délky

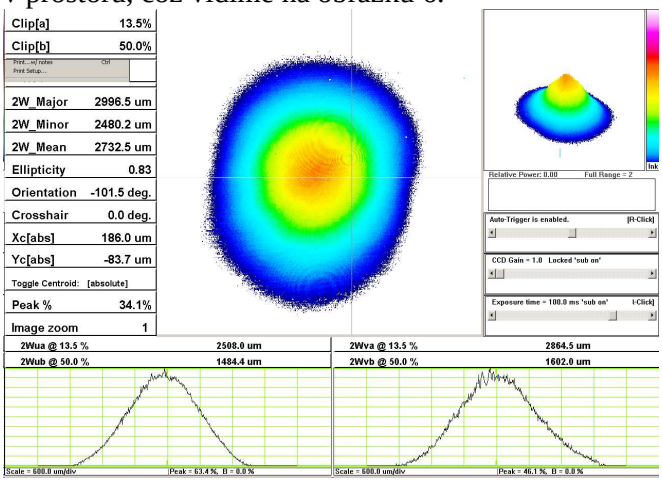
Spektrofotometr (Ocean optics HR 2000) zaznamenal vlnovou délku laseru, tato data zpracoval počítač, který následně zobrazil takovýto podobný graf a čísla ze kterých lze po té tento graf opět sestavit. Vlnová délka toho laseru je tedy 1063 nm. (Obr. 5)



Obr. 5 Graf vlnové délky

Měření příčného profilu svazku

K měření profilu svazku je zapotřebí kamera (Wincam) a počítač se daným softwarem.
Jelikož je laser a jeho jednotlivé části dobře upevněn, bylo třeba manipulovat s kamerou a zachytit neviditelný laserový paprsek do středu této kamery. Zároveň je nutno kameru chránit před poškozením a proto je třeba před ni umístit filtry, které ji následně chrání před trvalým poškozením. Počítač napojený na kameru po té ukazuje rozložení laserového svazku v prostoru, což vidíme na obrázku 6.



Obr. 6 Příčný popis svazku

5. Závěr

V rámci práce byli změřeny následující parametry laseru:
Délka pulsu: 113 ps
Energie: $13x10^{-6}$ J
Vlnová délka: 1063 nm
Příčný profil svazku: základní (kulatý)

6. Poděkování

Nyní bych chtěl poděkovat fakultě Jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze za organizaci Týdne vědy. A hlavně Ing. Michalu Jelínkovi za projekt, který byl velice zajímavý za pomoc, když jsem si s něčím nevěděl rady a za to, že mi ukázal, že když naměřím nějakou hodnotu tak to nutně neznamená, že taková skutečně je…

Reference

[1] Kubeček V., Jelínek M., Čech M., Hiršl P., Diels J.-C.,.: 0.4 mJ quasi-continuously pumped picosecond Nd:GdVO4 laser with selectable pulse duration, Laser Phys. Lett. 7, 2010, pp 130–134.

Základní experimenty s lasery

Martin Malý[1,4], Vladislav Matúš[1], Martin Bouček[2], Lukáš Novák[3]
1 Gymnázium Českolipská, Praha 9, 2 Gymnázium Třebíč, 3 Gymnázium Sokolov
martin.maly@desineo.com[4]

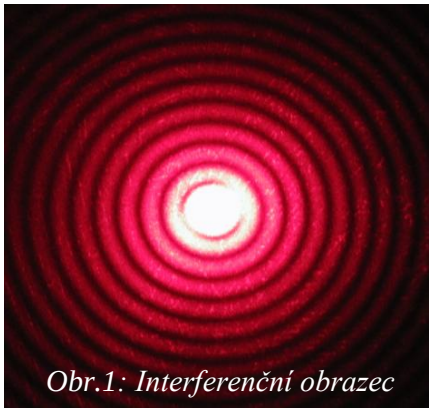
Abstrakt:
Cílem našeho měření bylo obeznámení se se základními interferenčními a difrakčními jevy laserových paprsků. Pomocí naměřených veličin jsme byli schopni vypočítat velikost otvorů v kovové destičce, četnost vrypů v optické mřížce a vlnovou délku našeho laseru pomocí Michelsonova experimentu.

1 Úvod

LASER je zkratkou anglického označení Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. První laser byl zkonstruován v USA v laboratořích Hughes Air Craft Co. T. Maimanem v roce 1960. Je to obecně řečeno paprsek světelného záření se stejnou vlnovou délkou, tzn. je vysoce monofrekvenční, koherentní a uspořádaný (jeho složky si udržují konstantní fázový rozdíl). Laserové světlo přenáší elektromagnetickou energii, která je soustředěna v malé oblasti prostoru, krátkém časovém intervalu a úzké oblasti vlnových délek. Funguje na principu stimulované emise, což je proces, kdy foton s určitou frekvencí dopadá na atom ve vyšším energetickém stavu a přiměje ho k přechodu do nižšího energetického stavu za současného vyzáření dalšího fotonu.

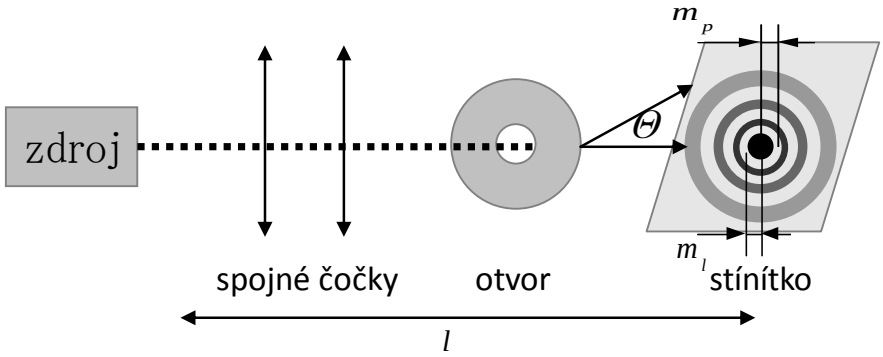
Lasery lze používat k zahřátí a roztavení neprůhledných materiálů, čehož se využívá v lékařství (laserový skalpel), při výrobě elektroniky, k zapisování na CD i jiná elektronická média apod. Dalším možným použitím laseru je umělecké gravírování.

2 Měření kruhových otvorů


Obr.1: Interferenční obrazec

Při průchodu světelného záření a také laseru malým otvorem dochází k difrakci: na otvor dopadá rovinná vlnoplocha světelného záření laseru a každý bod otvoru se tak stává zdrojem elementárního vlnění, které se šíří všemi směry. Uprostřed stínítka se všechna elementární vlnění setkávají se stejnou fází, a proto zde vzniká interferenční maximum nultého řádu. Na stínítku vznikají interferenční maxima dalších řádů, která ovšem nejsou tak jasná.

Pomocí změřených vzdáleností jednotlivých interferenčních minim od interferenčního maxima nultého řádu můžeme vypočítat velikost otvoru, kterým laser prochází. Sestavili jsme aparaturu dle obrázku 2 a měření provedli pro tři různé otvory neznámých průměrů.



Obr. 2: Nákres experimentu pro měření kruhových otvorů.

Tab. 1.: Měření vzdáleností interferenčních minim, kde m_l je poloha levého minima, m_p je poloha pravého minima, d je průměr interferenčního kruhu a r je řád interferenčního minima.

	m_l [cm]	m_p [cm]	d [cm]	r [-]
1. otvor	7,05	5,62	1,43	1
	7,67	5,10	2,57	2
	8,26	4,40	3,86	3
2. otvor	3,49	2,98	0,51	1
	3,90	2,63	1,27	2
	4,18	2,31	1,87	3
3. otvor	5,68	5,41	0,27	1
	5,85	5,20	0,65	2
	6,21	5,10	1,11	3

Vztah pro výpočet velikosti otvoru je

$$\sin\theta = \frac{n_i \lambda}{R} \quad (1)$$

.

Po úpravě jsme určili vztah pro poloměr otvoru jako

$$R = \frac{n_i \lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\frac{m_l - m_p}{2l}\right)} \quad (2)$$

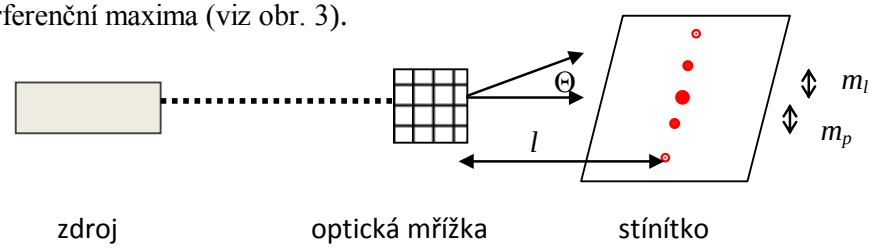
,

kde n_i pro i = {1, 2, 3} je konstanta pro i-té interferenční minimum (n_1 = 0,6098, n_2 = 1,1166, n_3 = 1,6192), l je vzdálenost mezi otvorem a stínítkem (l = 436,5 cm) a λ je vlnová délka použitého laseru (λ = 633 nm).

Naměřené hodnoty otvorů jsou R_1 = (0,233 ± 0,002) mm, R_2 = (0,5 ± 0,1) mm a R_3 = (1,0 ± 0,2) mm.

3 Určení mřížkové konstanty

Při průchodu laseru skrz optickou mřížku dochází také k difrakci. Na stínítku vznikají interferenční maxima (viz obr. 3).



Obr. 3: Nákres experimentu pro změření mřížkové konstanty

Tab. 2.: Měření vzdáleností interferenčních maxim, kde l je vzdálenost optické mřížky od stínítka, m_l je vzdálenost levého maxima od nultého maxima a m_p je vzdálenost pravého maxima od nultého minima.

l [cm]	m_l [cm]	m_p [cm]
110	45,5	44,8
126	53,0	51,0
135	56,7	55,2
142	59,0	58,5

Pro interferenční maxima optické mřížky platí

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{D} \,. \tag{3}$$

Mřížkovou konstantu D určíme jako

$$D = \frac{n\lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\frac{m_{l,p}}{l}\right)} \,, \tag{4}$$

kde λ je vlnová délka použitého laseru (λ = 633 nm) a n je řád interferenčního maxima (n = 1). Z naměřených hodnot po dosazení do rovnice (6) se nám podařilo určit mřížkovou konstantu.

$$D = (1{,}66 \pm 0{,}02)\ \mu\text{m}$$

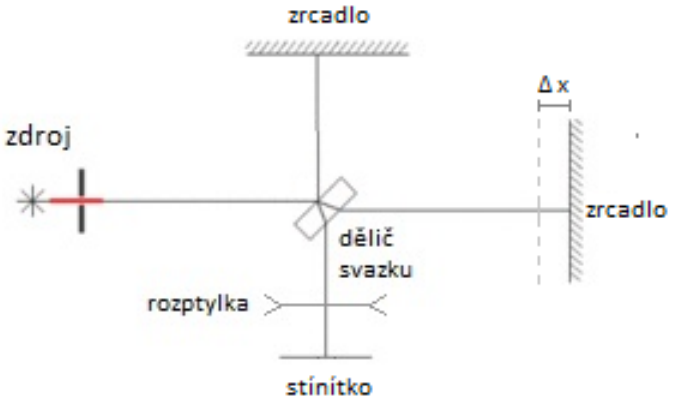
a to odpovídá počtu vrypů na optické mřížce

$$k = (603 \pm 7)\ \text{lines/mm} \,.$$

4 Michelsonův experiment – určení vlnové délky laseru

Michelsonův interferometr je zařízení pro měření velmi malých rozdílů délek. Zkonstruoval ho americký fyzik A. A. Michelson. Jeho hlavním úmyslem bylo dokázání existence tzv. éteru, Michelsonovi se ovšem k jeho překvapení povedlo dokázat pravý opak.

Měření je založeno na určování dráhových rozdílů dvou světelných paprsků, jejichž interferencí vzniká interferogram s charakteristickými světlými a tmavými proužky. Z rozložení proužků a jejich vzdálenosti lze dráhový rozdíl změřit velmi přesně a pomocí vztahů lze spočítat např. vlnovou délku použitého laseru.



Obr. 4: Nákres Michelsonova interferometru

Dle obrázku 4 jsme sestavili aparaturu Michelsonova interferometru. Paprsky odrážející se od obou zrcadel se nám podařilo usměrnit, aby na stínítko dopadaly do jednoho bodu, kde došlo k interferenci. Poté jsme vynulovali mikrometrický šroub posuvného zrcadla

(1 dílek = 200 nm). Vyznačili jsme si na stínítku bod, podle něhož jsme porovnávali změny na interferogramu. Otáčením mikrometrického šroubu se postupně posouval obraz o šířku jednoho proužku. Po přechodu deseti proužků jsme zaznamenali velikost posunu zrcadla (viz tab. 3).

Tab. 3.: Měření pomocí Michelsonova interferometru, kde Δx je velikost posunu zrcadla

číslo měření	Δx * 200 [nm]
1	16
2	17
~~3~~	~~23~~
4	17

Měření č. 3 jsme vyřadili, protože se značně vymyká ostatním měřením již na první pohled.
Pro vlnovou délku světla λ platí

$$\lambda = \frac{2\Delta x}{N}, \tag{5}$$

kde Δx je velikost posunu zrcadla a N je počet přešlých proužků (N = 10). Naměřená hodnota vlnové délky je λ = (670 ± 20) nm.

5 Diskuze

Při našem měření otvoru s poloměrem 0,25 mm jsme naměřili hodnotu R_1 = (0,233 ± 0,002) mm, pro otvor s poloměrem 0,5 mm jsme naměřili R_2 = (0,5 ± 0,1) mm a pro otvor s poloměrem 1 mm jsme naměřili R_3 = (1,0 ± 0,2) mm. Chyby měření jsou způsobeny otřesy v laboratoři, které mohli vychýlit paprsek, čímž posunuly interferenční obrazec a také náročným určením přesné polohy interferenčního minima.

Při dalším měření jsme změřili mřížkovou konstantu D = (1,66 ± 0,02) μm, což odpovídá k = (603 ± 7) vrypů na mm. Hodnota uvedená na mřížce byla 600 na mm. Toto měření je velice přesné, co potvrzuje dobrá shoda naměřené hodnoty s naměřenou.

Při poslední měření jsme pomocí Michelsonova interferometru změřili vlnovou délku našeho laseru λ = (670 ± 20) nm. Pro použitý laser byla uvedená vlnová délka λ = 633 nm.
Experiment byl citlivý na otřesy v okolí způsobené chůzí. Obtížné také bylo určit počet průchozích čar.

6 Shrnutí

Během měření se nám podařilo určit průměry 3 malých otvorů R_1 = (0,233 ± 0,002) mm, R_2 = (0,5 ± 0,1) mm a R_3 = (1,0 ± 0,2) mm, určit počet vrypů na mřížce k = (603 ± 7) lines/mm a vlnovou délku pomocí Michelsonova experimentu λ = (670 ± 20) nm.

Poděkování

Chceli by sme sa veľmi poďakovať Kamile Šramkovej za jej odbornú pomoc pri plnení týchto úloh. Dále bychom rádi poděkovali organizátorům Týdne vědy za připravení této úžásné akce.

Reference:

[1] LEPIL, O.: *Fyzika pro gymnázia – Optika*, Prometheus, 2011, s. 92–98.

[2] ŠTOLL, I.: *Fyzika pro gymnázia – Fyzika mikrosvěta*, Prometheus, 2010, s. 84–90.**}**

[3] ŠRÁMKOVÁ, K.: *Fyzikálné praktikum II - 10. Interferencia a ohyb světla,* FJFI ČVUT, 2011

Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů

A. Přáda, M. Saip, L. Buchta, J. Batysta

Gymnázium Ostrov, Střední škola informačních technologií Brno,
Gymnázium Velké Meziříčí, Gymnázium J. V. Jirsíka

adamprada@me.com, saip.martin@gmail.com,
buchta.lukas@gmail.com, batystaj@gmail.com

Abstrakt:

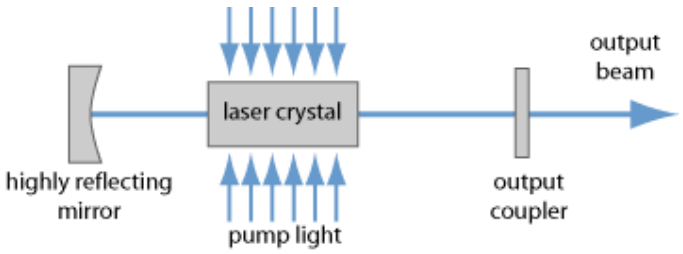
Práce seznamuje se základními informacemi o laserech s velmi krátkými pulsy. Tyto lasery využívají speciální technologie CPA pro rozmítnutí svazku a kompresoru pro jeho zpětné spojení. Pro určení délky ultrakrátkých pulsů bylo navíc nutné použít metody nepřímého měření jako autokorelátor nebo SPIDER.

1 Úvod

Náš miniprojekt jsme realizovali na výzkumném ústavu AV ČR PALS (Prague Asterix Laser System) v Praze Ládví. Pracovali jsme na femtosekundovém titan-safírovém laseru s oscilátorem Micra. Naše práce se zabývala vytvářením laserových pulsů a jejich měřením.

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) je zdroj monochromatickéhokoherentního a směrového paprsku záření. První laser byl vytvořen v roce 1960 Theodorem Maimanem. Tento laser byl krystalový (rubínový), ale v dnešní době známe i mnoho dalších druhů laserů, jako plynové (např. helium-neonový) nebo diodové.

Základem laseru je optický rezonátor, ve kterém může světlo obíhat (například mezi dvěma zrcadly). V této dutině je umístěno zesilovací médium (např. laserový krystal), které s každým oběhem světlo zesiluje stimulovanou emisí. Atom po dodání energie přejde do excitovaného stavu (s vyšší energií), poté při příchodu dalšího fotonu dojde k uvolnění energie (emisi), při kterém vydá dva fotony se stejnou fází, směrem i vlnovou délkou.



Obrázek č. 1 – Schéma laseru

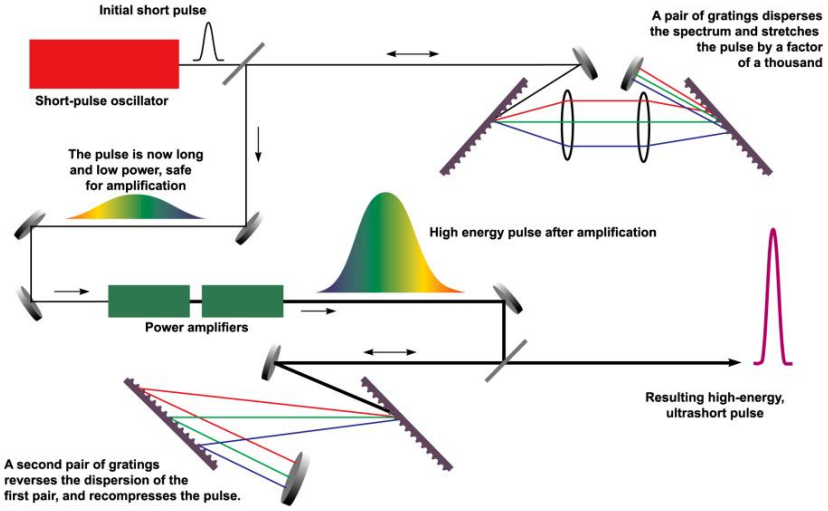
2 Zesilování laserového pulsu s vysokou intenzitou

Pokud se energie laseru vybije při velmi krátkém pulsu, je krátkodobý výkon velmi vysoký a paprsek má velkou intenzitu. Intenzitu paprsku definujeme jako světelný výkon dopadající na určitou plochu.

$$P = E/t \quad [W] \qquad I = P / S \quad [W.\,m^{-2}]$$

Při intenzitě námi používaného femtosekundového laseru by došlo k poškození optických prvků a nelineárním vadám laserového paprsku. Potom bychom museli veškerou optiku zvětšit a rozložit výkon na větší plochu nebo ji vyrobit z drahých extrémně odolných materiálů.

Na tomto laseru se ovšem používá metoda CPA (chirped pulse amplification). V té se využívá tzv. frekvenčního rozmítnutí pulsu, kdy se vlnové délky rozdělí časově do delšího pulsu. Různé vlnové délky pak letí skrz zesilovače za sebou a mají tedy nižší intenzitu. Po konečném zesílení dochází v kompresoru k zpětnému srovnání vlnových délek do kratšího pulsu.

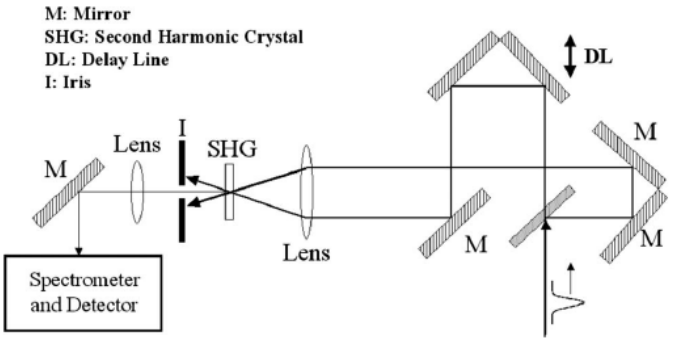


Obrázek č. 2 – Schéma CPA

3 Měření ultrakrátkých pulsů

Protože tyto pulsy trvají řádově desítky femtosekund, není možné je měřit přímo z důvodu příliš pomalé odezvy detektorů. Musíme tedy zvolit nepřímou metodu zjištění délky generovaných pulsů. Námi zvolený způsob měření využívá autokorelátoru.

V autokorelátoru dochází k rozdělení paprsku laseru na dva. Každý putuje po různě dlouhé optické dráze, a tak jeden z nich získá zpoždění. Poté je necháme reagovat v nelineárním prostředí (např. v krystalu) a měříme intenzitu odezvy. Poté počítač pomocí autokorelační funkce vyhodnotí zpoždění pulsů. Z grafu této funkce a její závislosti na změně optické dráhy můžeme vypočítat délku pulsu.



Obrázek č. 3 – Schéma autokorelátoru

Odezva byla snímána jednořádkovým CCD čipem. Nejprve jsme museli nakalibrovat stupnici pixelů na čipu k optické vzdálenosti. Tuto vzdálenost přepočteme na časový údaj pomocí znalosti rychlosti světla. Poté šířku peaku z grafu v pixelech přepočteme na dobu pulsu, musíme ale znát přibližný tvar pulsu a výsledek vynásobit vhodnou konstantou V našem případě se jedná přibližně o sech - hyperbolický sekans ($k \approx 0{,}64$).

Kalibraci jsme provedli posunutím zrcadel a odečtením odpovídajícího posunu v pixelech.

posun p = 2*0,16 mm	$px_1 = 1492$	$px_2 = 1113$	$\Delta px = 379$
$t = p/c$ $t = 1{,}067*10^{-12}$ s	poměr x = 2,816 fs/px		šířka peaku s = 37,5 px
délka pulsu = s*x*k	**délka pulsu = 67,6 fs**		

Pro ověření výsledků první metody jsme pulsy přeměřili pomocí systému SPIDER (Spectral Phase Interferometry for Direct Electric-field Reconstruction = Spektrálně fázová interferometrie pro přímou rekonstrukci elektrického pole). Ten má výhodu, že měří i fázi pulsu, kromě samotné délky. Tam jsme ověřili délku pulsu na 66 fs.

Závěr

Lasery jsou velmi perspektivním oborem a mají široké spektrum uplatnění. Tuto práci jsme vypracovali v centru PALS AV ČR. V této práci jsme se zabývali způsobem generace a zesilování ultrakrátkých pulsů pomocí technologie CPA. Také jsme pomocí metod autokorelace a SPIDER změřili délku těchto femtosekundových pulsů.

Poděkování

Děkujeme panu prof. Janu Hřebíčkovi a paní Ing. Michaele Kozlové, Ph.D. za vedení při projektu a trpělivost s našimi dotazy. Dále děkujeme personálu Prague Asterix Laser Systém a Ústavu fyziky plazmatu AV ČR.

Podivnosti na LHC

Krejčí Jan, GMK Bílovec, jankrejci.gmk@gmail.com
Mahdal Radek, Gymnázium Česká Lípa, thyros@seznam.cz
Miklíková Adéla, Gymnázium L. Jaroše, miklikova.am@seznam.cz
Mrázek Jan, Gymnázium Kroměříž, honza.mrazek@gmail.com
Novotný Tomáš, Gymnázium Česká Lípa, nvtn2@seznam.cz
Polcar Lukáš, Gymnázium Vysoké Mýto, polcarovi@tiscali.cz

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo dokázání přítomnosti podivných částic při srážkách na LHC a analyzování rozpadů podivných částic pomocí programu MasterClass2011 v rozhraní ROOT. Naším úkolem bylo určit hmotnosti a počet vybraných podivných částic pomocí statistiky srážek.

1 Úvod

Podle standardního modelu se všechna hmota skládá z elementárních částic – leptonů a kvarků. Interakci mezi kvarky zprostředkovávají částice zvané gluony. Za normálních podmínek jsou kvarky vázány v hadronech (např. proton a neutron). Pokud chceme zkoumat samotné kvarky, musíme překonat tuto interakci. Toto je jeden z cílů urychlovačů částic.

Large Hadron Collider (LHC), v současnosti nejvýkonnější urychlovač, urychluje částice na rychlost blízkou rychlosti světla a dodává jim vysokou energii, která se při srážkách uvolňuje a umožňuje vznik velmi těžkých částic.

Jedním z experimentů na LHC je ALICE, který je zaměřen na studium interakcí částic za extrémních podmínek – především vysoké hustoty a teploty – v tzv. kvark-gluonového plazmatu. Kvark-gluonové plazma je stav, ve kterém se kvarky a gluony vyskytují volně. Problémem je důkaz existence tohoto extrémního stavu. V našem miniprojektu se budeme zabývat jedním z možných důkazů – zvýšení počtu podivných částic – nárůstu podivnosti. Podivné částice jsou charakteristické přítomností alespoň jednoho strange kvarku nebo anti-kvarku. Tyto částice ale nejsou stabilní, tudíž abychom je detekovali musíme sledovat produkty jejich rozpadu. Zaměřili jsme se rozpady v Tabulce 1. Vycházeli jsme ze vzorce [1]:

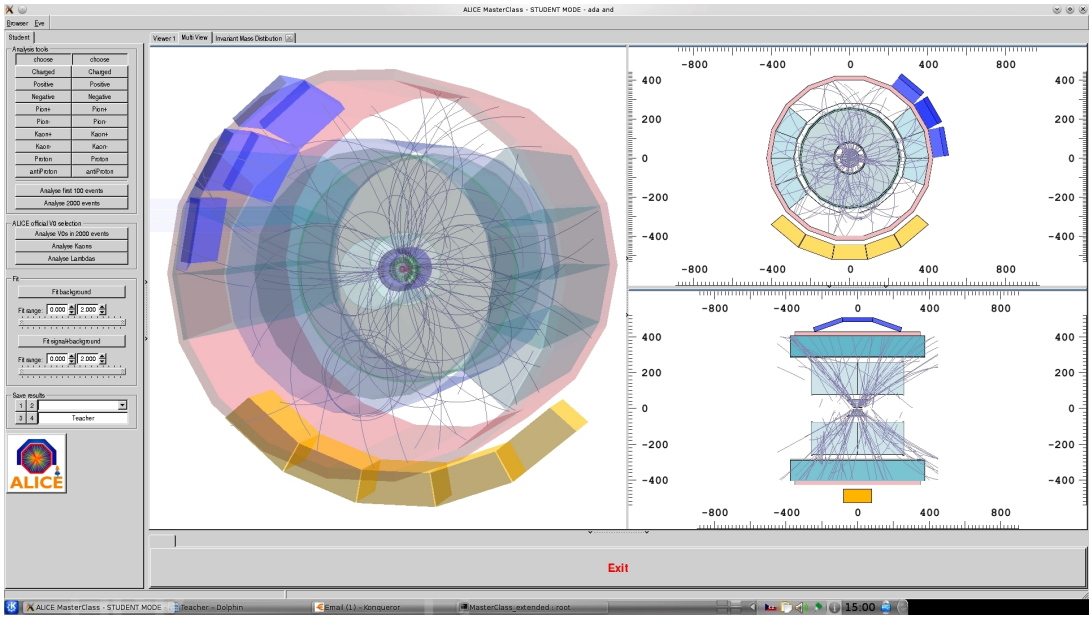
$$m^2c^4 = E^2 - (\vec{p}c)^2 = (E_1 + E_2)^2 - (\vec{p_1}c + \vec{p_2}c)^2 \tag{1}$$
$$= E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 - (\vec{p_1}c)^2 - (\vec{p_2}c)^2 - 2(\vec{p_1}\vec{p_2})c^2$$
$$m^2c^4 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 - p_1^2c^2 - p_2^2c^2 - 2\vec{p_1}\vec{p_2}c^2 = \tag{2}$$
$$= m_1^2c^4 + m_2^2c^4 + 2E_1E_2 - 2\vec{p_1}\vec{p_2}c^2$$

částice 1	částice 2	původní částice
proton	π^-	Λ
anti-proton	π^+	$\bar{\Lambda}$
π^+	π^-	K^0_S (kaon)
π^-	Λ	Ξ (Xi)

Tabulka 1: Tabulka rozpadů částic v LHC při experimetu ALICE

2 Postup práce

Podstatou naší vědecké práce byla analýza dat z rozpadů částic s podivným kvarkem v detektoru ALICE. Tuto analýzu jsme prováděli v prostředí ROOT v programu Masterclass2011, jenž je zjednodušenou verzí programu používaného v CERNu.



Obrázek 1: Prostředí programu Masterclass

Naše úkoly zahrnovaly: ruční analýzu několika událostí z detektoru ALICE, analýzu reprezentativnějšího vzorku událostí a následné zpracování výsledků; vytvoření histogramů, stanovení počtu a hmotnosti sledovaných podivných částic.

Ruční analýza spočívala v určení hmotnosti původní částice z hmotnosti a hybnosti dceřiné částice (vycházeli jsme z rovnice 1). Tuto hmotnost jsme porovnali s hodnotou uvedenou na webu PDG[2]. Ruční analýza nezobrazuje reálnou skutečnost, jejím jediným účelem bylo objasnit princip celé práce, kterou dělá počítač automaticky.

K hromadné analýze jsme měli k dispozici 3 vzorky dat, každý obsahoval okolo 2000 událostí. Dále jsme vytvořili histogram každého vzorku zvlášť. Jednotlivé histogramy jsme nafitovali a tak zjistili hmotnost a počer vytvořených částic. Vzorky obsahovaly příliš malé množství událostí, tudíž jsme tyto vzorky sjednotili a poté jsme vytvořili histogramy pro námi sledované částice. Tyto histogramy jsme následně nafitovali. Do histogramu hromadné analýzy jsou rovněž zahrnuty částice, které nejsou z námi hledaného rozpadu (může se jednat o šum, kdy produkty rozpadu původní částice nemají odpovídající hmotnost/hybnost, nebo rozpadající částice nevycházejí ze stejného vertexu). Tyto částice jsme

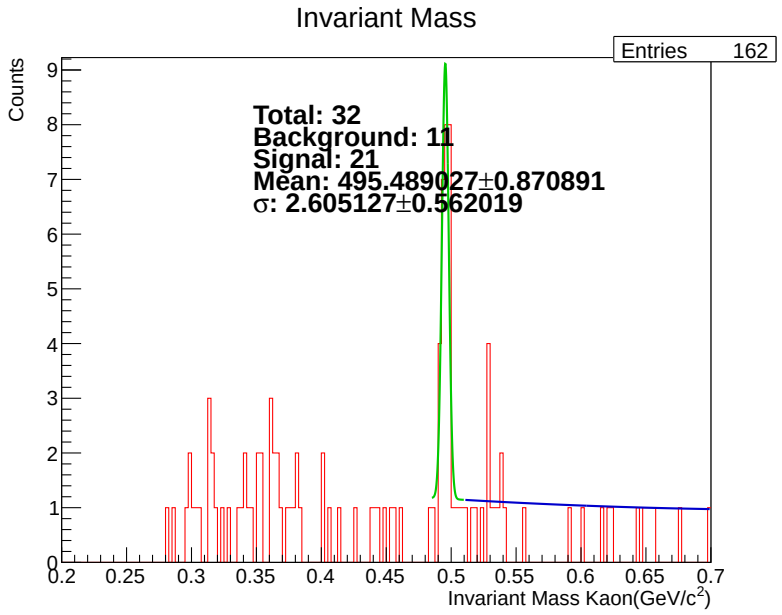
odečetli jako pozadí.

Samotné histogramy jsme proložili 2 křivkami – jednou křivkou jsme proložili pozadí a druhou vrchol (Gaussova křivka). Z histogramu jsme poté určili střední hodnotu hmotnosti podivné částice. Rovněž jsme určili počet podivných částic ve vzorku (odečtením pozadí od celkového počtu částic ve vrcholu).

3 Výsledky

Výsledkem ruční analýzy dat byla sada jednoduchých histogramů ukazujících hmotnostní rozložení.

U hromadné analýzy jsme získali 2 sjednocené histogramy s vyznačeným peakem a nafitovanou křivkou. Při hromadné analýze dat jsme nejprve zkoumali jednotlivé vzorky zvlášť, provedli jsme pouze analýzu Λ, $\bar{\Lambda}$ a kaonů. Jako příklad uvádíme histogramy na obr. 2 a 3.

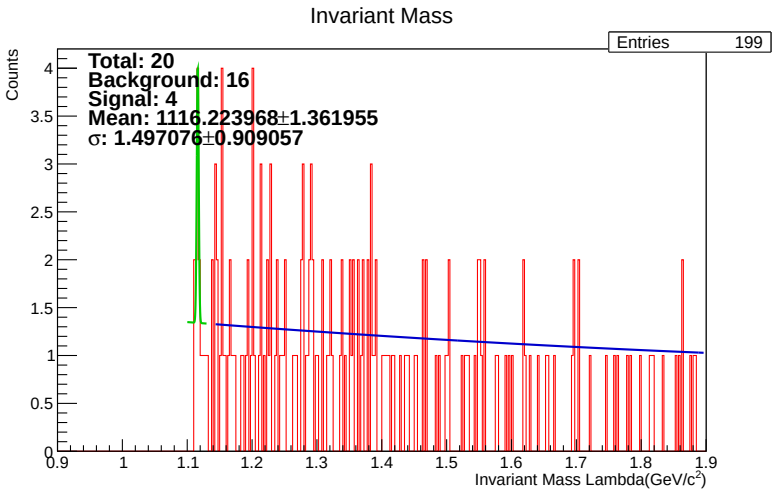


Obrázek 2: Nafitovaný K^0_S pro jeden soubor dat.

Pro zvýšení statistiky jsme pro každou částici sečetli několik takovýchto histogramů. Z těchto histogramů jsme fitováním nejprve určili pozadí a poté počet částic v peaku. Rozdíl těchto hodnot dává počet pozorovaných částic. Výsledky shrnuje tabulka 2.

	K^0_S	Λ
hmotnost [MeV]	495,9±0,5	1116±1
signal	190	31
pozadí	60	3
počet částic	130	28

Tabulka 2: Počet podivných částic ze 4 souborů dat



Obrázek 3: Nafitovaná Λ

4 Diskuze

Pro K^0_S jsme stanovili hmotnost 495,9 ± 0,4 MeV a hmotnost Λ 1116 ± 1 MeV. Hodnoty hmotností podle PDG[2] jsou: 497,614 ± 0,028 MeV a 1115,683 ± 0,006 MeV respektive.

Obvyklý počet vzorků na analýzu se pohybuje v řádu milionů, nicméně náš vzorek zahrnoval okolo 6000 událostí. Tudíž výsledky, které jsme naměřili, nejsou zcela totožné s hodnotami stanovenými PDG. Chyba měření pro počet částic není uvedena, jelikož program MasterClasses vyhodnocoval tyto výsledky bez uvedení chyby.

5 Závěr

Zkoumali jsme produkci podivných částic zaznamenaných experimentem ALICE na LHC. Z charakteristických rozpadů jsme určovali počty K^0_S, Λ, Ξ a $\bar{\Lambda}$. Pro kaony jsme stanovili hmotnost 495,9 ± 0,4 MeV a hmotnost lambdy 1116 ± 1 MeV. Hodnoty hmotností podle PDG jsou: 497,614 ± 0,028 MeV a 1115,683 ± 0,006 MeV respektive. Naše hodnoty, ačkoliv jsme je určovali z velmi malého vzorku, jsou velmi blízko hodnot stanovených PDG. Celkem jsme zjistili 130 K^0_S a 28 Λ.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali naší supervisorce Janě Crkovské, která nám trpělivě radila a pomohla překonat všechny technické i teoretické problémy, které se během našeho miniprojektu vyskytly. Rovněž bychom chtěli poděkovat organizátorům Týdne vědy na Jaderce, že nám umožnili vypracovat tento projekt.

Reference

[1] IPPOG *Search for strange partcles in ALICE - oficiální návod.* . 2011.

[2] Particle Data Group webpage http://pdg.lbl.gov/. 2011.

LINUXLab

D. Vít, Gymnázium Trutnov, Trutnov, dominik.vit@gmail.com
J. Koniarik, Matiční gymnázium Ostrava, Ostrava,
squirrelcze@gmail.com
J. Moravec, SSPŠ, Praha, ja.moravec@yahoo.com

Abstrakt:

Operační systém GNU/Linux, který už vznikal díky myšlence svobodného („zadarmo“) softwaru, je dnes komplexním konkurence schopným operačním systémem s poměrně velkou škálou výhod oproti konkurenčním platformám. Je nejpoužívanějším operačním systémem na počítačových serverech, zatímco na stolních počítačích jej dnes používají především programátoři a počítačoví nadšenci. Získává si nové a nové příznivce.

1) Úvod

V dnešním softwarovém světě se platí „nekřesťanské“ peníze za produkty, které jsou méně kvalitní než ty, které si můžeme pořídit „zadarmo“ – pravda nebo fám? Cílem našeho projektu bylo přiblížit běžným uživatelům svět open source - především Linux a jeho historii, navrhnout alternativy k některým protěžovaným komerčním řešením a poukázat na rozdíly.

2) Historie GNU/Linux

V roce 1983 založil Richard Stallman projekt GNU (rekursivní zkratka “GNU is not Unix”), jehož cílem bylo vyvinout kompletní unixový operační systém složený výhradně ze svobodného softwaru. Začátkem 90. let byly v rámci projektu GNU vytvořeny a shromážděny všechny potřebné součásti, ovšem kromě nejnižší úrovně, tedy jádra a tak začal projekt GNU vyvíjet své vlastní jádro jménem GNU Hurd.

Mezitím v roce 1991 započal vývoj jiného jádra, které nakonec dostalo jméno „Linux“. Původně ho začal psát finský student Linus Torvalds jako svůj koníček. Torvalds vycházel z MINIXu, což byl zjednodušený klon UNIXu (mini UNIX). Avšak tvůrce MINIXu nikomu nedal svolení k úpravám svého systému, a tak Torvalds napsal vlastní náhradu MINIXu.

První verze linuxového jádra (0.01) byla vydána na internetu 17. září 1991, další následovala v říjnu téhož roku. Od té doby se na tomto projektu podílely tisíce vývojářů z celého světa. Linuxový systém zanedlouho předběhl MIMIX co do funkčnosti a díky většímu počtu programátorů, kteří na projektu Linux pracovali se také rychle dostal mnohem dále než Hurd.

Projekt GNU se nakonec spojil s projektem Linux (“Linusův MINIX”) Linuse Torvaldse a vznikl tak operační systém GNU/Linux, který dnes většina uživatelů nesprávně nazývá jen částí názvů jako Linux.

Při vývoji projektu GNU vznikla také licence GPL (“copyleft”), která zajišťovala, že si nově vzniklý software nikdo nepřivlastní. Stejnou licenční politiku zvolil také Linus Torvalds u svého projektu Linux. Tato licence vyžaduje, aby byla odvozená díla byla dostupná pod stejnou licencí.

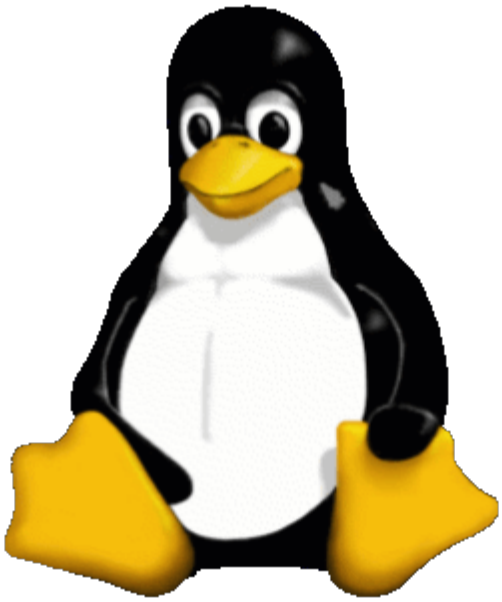
Dnes se GNU/Linux šíří jako tzv. distribuce a v souladu s GPL licencí vznikají ze stávajících distribucí různé odvozené distribuce, často uspůsobené pro různé specifické účely.

Linuxová distribuce je jakási kompilace jádra systému, balíčků aplikací, konfiguračních systémových nástrojů a také instalátoru. Vývoj a podporu zajišťují i renomované společnosti.

Vznik loga pro Linux

Jméno "Tux" se poprvé objevilo v roce 1996 v právě rozpoutané diskuzi o logu či maskotu Linuxu. Zatímco ostatní návrhy zahrnovali především různé parodie na ostatní operační systémy, Linus Torvalds ve svém příspěvku do soutěže navrhoval, aby se logem stal tučňák.

"Pro tučňáka není rozumové vysvětlení, nemá jasný význam, jde o možnost asociace z daného loga, na které záleží. Užívání něčeho, jako je tučňák, umožňuje vytvářet jeho různé modifikace, které jsou však vždy snadno rozpoznatelné. Neberte tučňáka tak vážně. Měl by být legrační a praštěný, to je celé." (Linus Torvalds, upraveno)



Výše zmiňované jméno tučňáka vzniklo jako akronym ze slov Torvaldův UniX.

3) Open source

Základní myšlenka open source software spočívá v předpokladu, že pokud všichni uživatelé počítačových programů (zejména programátoři) mají přístup ke zdrojovému kódu a zároveň mají možnost tento kód upravovat a opravovat, počítačový program se vyvíjí rychleji a efektivněji, než když obdobnou činnost vyvíjí jediný soukromý subjekt (samozřejmě se jedná o teorii, která je sice v mnoha případech pravdivá, ale neznamená to, že všechen komerční software je pomalý a nespolehlivý). Open source software se v praxi vyznačuje vysokou stabilitou, spolehlivostí či bezpečností.

Hlavní podmínkou open source je volné šíření zdrojového kódu. Program musí vždy obsahovat kompletní zdrojové kódy a musí existovat možnost, jak program zkompilovat a sestavit. Zdrojové kódy je možné číst, měnit a redistribuovat (za předpokladu, že bude nový produkt vydáván se stejnou Open Source licencí).

Jako open source vznikl například operační systém GNU/Linux (GPL licence), webový server Apache nebo internetový prohlížeč Firefox.

4) Hlavní rozdíly mezi Windows a linuxovými distribucemi

"Market" - Balíčkovací systém

Základní rozdíl, mezi systémy je přítomnost balíčkovacích systémů. Zatímco na Windows neexistuju centralizovaný systém aktulizací systému a nainstalovaných aplikací, Linux používá balíčkovací systém a tzv. "Market" jako je třeba Google Play, App Store a repozitáře aplikací jednotlivých distribucí Linuxu, které tuto úlohu usnadňují. Uživatel potřebuje jenom vědět název a balíčkovací systém ji následně stáhne a nainstaluje. O veškeré odstranění při

odinstalaci a aktualizace se pak také postará. V případě, že ale danou aplikaci nenajde (není ještě přidána do repozitáře), lze aplikace stáhnout z webu autora a nainstalovat ze zdrojového kódu.

Aktualizace

Samotné aktualizace jsou nenucené a není potřeba je spouštět před zapnutím počítače nebo při jeho vypnutí. Systém se kvůli aktualizacím nemusí restartovat, stačí restartovat danou aplikaci. Výjimkou je aktualizace jádra systému, kdy je nutný restart.

Adaptace

Linux díky své licenci má neuvěřitelné možnosti v adaptaci. Uživatel může přizpůsobit celý operační systém a výbavu čistě k danému účelu. Počínaje odstranění nepotřebných částí (grafické rozhraní, jednotlivé aplikace), následujíce konfigurací přesně na míru danému hardwaru. Linuxové systémy pak můžou fungovat na velmi málo výkonném hardwaru.

Skriptování

Uživatel může s základními systémovými programy propojit veškeré aplikace určené na ovládání skrze příkazový řádek a vytvořit si tak script, který mu usnadní vykonávání opakujících se činností. Některé aplikace jsou řešeny na dvě části, funkční – skrz příkazovou rádku a grafickou nadstavbu. Jde následně automatizovat téměř jakákoliv činnost. Spolu s aplikacemi, které například automatizovaně v daný čas spouští scripty, jde o velice mocný nástroj.

Neznalost

Linux se na středních a základních školách se ve výuce skoro vůbec nevyskytuje (kromě pár případu středních škol, kde nasadili Linuxové řešení i do učeben). Student se s Linuxem seznámí díký vlastnímu zájmu, nebo případně při studiu na technických vysokých školách.

5) Úspěšné aplikace

Některé open source aplikace vytvořené pro Linux se rozšířily i na jiné systémy. Velice oblíbeným se stal prohlížeč Mozilla Firefox, který záhy po vytvoření přitáhl mnoho uživatelů. Též multimediální přehrávač VLC si získal pro své jednoduché ovládání, ale i kvalitní výbavu přízeň těch, kteří hledali alternativu k programu Windows Media Player. Mezi grafiky je rozšířen program Blender, výkonný nástroj pro 3D modelování. Jako alternativu programu Photoshop lze použít pro práci s obrázky a fotkami editor Gimp.

Opačným postupem projdou hry ze Steamu, neboť společnost Valve v nedávné době oznámila, že se Linux konečně dočká distribuční sítě Steam, a že bude portovat některé hry.

6) Využití

Ačkoli obecné představy běžného člověka o nasazení GNU/Linux obsahují temné sklepení a několik podivínů krčících se nad obrazovkou, opak je pravdou. Na desktopech obsadil sice jen 1 procento, ale při pohledu do světa superpočítačů jsou linuxové systémy nasazeny hned v 92 procentech těchto systémů. Mezi nejznámější v české republice patří třeba Amálka na akademii věd, která slouží pro náročné výpočty a numerické experimenty. Dále například k březnu 2011 nejvýkonnější počítač světa Tianhe-1A, či veškerá výpočetní síla v CERNu. Oblíbeným řešením pro firmy jsou linuxové firewally použité na serverech, neboť s jejich

stabilitou dlouhodobou funkčností bez restartu a jejich cenou nemůžou jiné systémy rovnat. I mnohé vlády či úřady přechází na Linux. Brazilská vláda nechala vyvinout OS Kurumin, v USA je Linux využit pro řízení bezpilotních letounů, baskická vláda vykazuje pouze open source aplikace a systémy, taktéž i Kraj Vysočina a nedávno i v Rusku na popud Putina začali plánovat přechod z IT infrastrukturu od Microsoftu. Většina Hollywoodských filmů, které sledujeme byly také vyrenderovány v Linuxu, například Pán Prstenů, Shrek, Star Wars, dokonce film Avatar byl vytvořen s použitím pouze open source technologii. V poslední době se dostávají do čela mobilní zařízení (smartphony a tablety) používající systém Android, který byl založen na zdrojovém kódu Linuxu.

7) Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme měli možnost se dozvědět zajímavé věci ze světa Linuxu, vyzkoušet si kompilaci balíčků a skriptování v bashi.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat Ing. Janu Machovi, vedení Týdne Vědy a FJFI za umožnění práce na miniprojektu.

Reference

- Porovnání podílu na trhu:
  http://marketshare.hitslink.com/
- Uvedení Steam na Linux:
  http://www.linuxexpres.cz/steam-pro-linux-prece-jen-bude
- Použití Linuxu:
  http://en.wikipedia.org/wiki/Linux#Uses
- Linux a Hollywood:
  http://wickedsago.blogspot.cz/2011/09/20-interesting-facts-about-linux.html
- Balíčkovací systémy:
  http://www.abclinuxu.cz/clanky/navody/na-co-se-casto-ptame-balickovaci-systemy
- Pozitiva Linuxu:
  http://www.handlewithlinux.com/10-cool-things-you-can-do-with-linux-and-not-with-windows

Jak matematika pomáhá při řešení ekonomických problémů

Daniel Rizman (Gymnázium, Varšavská cesta 1, danorizman@gmail.com)
Veronika Smejkalová (Gymnázium Velké Meziříčí, v-smejkalova@centrum.cz)
Zdislava Vávrová (Gymnázium Velké Meziříčí, zdislava.vavrova@seznam.cz)

Abstrakt:

Vzhledem k současnému stavu světové ekonomiky je nutné snižovat výdaje, například v oblasti dopravy. Seznámili jsme se s několika metodami, které nám pomáhají minimalizovat náklady na dopravu, případně šetřit čas na výrobních linkách. Tento článek pojednává o metodách nejbližšího souseda kombinovaného s párovými záměnami nebo simulované žíhání. Pro řešení ekonomických problémů v oblasti dopravy doporučujeme metodu simulovaného žíhání, jejíž výsledky umožnily více snížit náklady.

1 Úvod

Jak už napovídá název, budeme se zabývat tím, jak matematika pomáhá při řešení ekonomických problémů. Seznámili jsme se s několika metodami, jak ekonomické problémy řešit. Podrobněji se budeme zabývat problémem obchodního cestujícího.

Krátce shrneme slovní formulaci tohoto problému. Úkolem je najít nejkratší cestu mezi n místy tak, aby každé místo bylo navštíveno právě jednou, přitom výchozí a koncový bod je totožný. Převedeme-li úlohu na optimalizaci v grafech, jedná se o nalezení nejkratšího okruhu, který zahrnuje všechny uzly (tzv. minimální Hamiltonův cyklus). Dodejme, že úloha obchodního cestujícího je NP-obtížná, to znamená, že prozatím neexistuje algoritmus schopný najít její řešení v čase, který závisí na rozměru úlohy (tj. počet měst) pomocí mocninné funkce.

Úlohu lze řešit metodou nejbližšího souseda a párovými záměnami nebo také simulovaným žíháním.

2 Problém obchodního cestujícího

2.1 Metoda nejbližšího souseda kombinovaná s párovými záměnami

- Z výchozí polohy určíme vzdálenosti dostupných míst, které ještě nebyly navštíveny.
- Zvolíme místo, k němuž vede nejkratší cesta.
- Tento postup stále opakujeme, dokud nenavštívíme všechna místa a nevrátíme se do výchozí polohy.
- Získaný výsledek je dále možné zpřesnit. Postup popíšeme algoritmicky:

1. posloupnost měst rozdělíme na tři disjunktní podposloupnosti.
2. pořadí měst v prostředí posloupnosti otočíme
3. tuto posloupnost vložíme zpět mezi 1. a 3. podposloupnost měst
4. provedeme výpočet délky cesty v nově získané posloupnosti míst a uložíme ji v případě, že jsme získali kratší cestu
5. celý proces opakujeme, dokud neproběhnou všechny možné výměny

Výhodou popsané metody je, že negeneruje všechny posloupnosti, kterých je $n!$, ale celkově proběhne pouze cca $0{,}5n^2$ párových záměn (výchozí bod se pochopitelně nepohybuje). Metoda je tedy rychlá, avšak nemusí vždy najít optimální řešení.

2.2 Simulované žíhání

Simulované žíhání je poměrně pokročilá metoda inspirovaná chladnutím materiálu hledáním termodynamické rovnováhy. Základní postup simulovaného žíhaní shrneme algoritmicky:

1. nastavíme koncovou a počáteční „teplotu“ a generujeme počáteční posloupnost měst
2. vypočteme délku trasy
3. generujeme nové řešení pomocí záměny pevně a náhodně zvoleného města
4. vypočteme délku nové trasy
5. rozhodneme, zda stav přijmeme či nikoliv (přijmeme, pokud se délka cesty sníží nebo pokud existuje „vysoká pravděpodobnost“ - podrobněji viz [1] - že můžeme zachovat trasu, která je delší než původní)
6. v případě přijetí nový stav uložíme a postup opakujeme od kroku 3, dokud není splněna ukončovací podmínka (např. počet iterací nebo konečná teplota), průběžně také snižujeme „teplotu“ geometrickou řadou.

Na první pohled se zdá, že simulované žíhání se od metody párových záměn neliší. Rozdíl je však v testu přijetí nového stavu. Cesta se tak může prodloužit, čímž se dostaneme z místa s lokálním minimem délky trasy (tj. bod v určité oblasti grafu funkce, kde je dosaženo minimální hodnoty).

3 Výsledky

3.1 Reálný případ

Tabulka 1: zadání úlohy (doba jízdy vlakem)

		Praha	Bratislava	Vídeň	Kyjev	Záhřeb	Bukurešť	Budapešť	Bělehrad
1	Praha	0	5,5	6	32,8	13	24,3	8,5	16,7
2	Bratislava	5,5	0	0,95	34	8,65	18,6	2,7	11
3	Vídeň	6	0,95	0	34,5	6	18	2,8	11
4	Kyjev	32,8	34	34,5	0	25,5	22,5	15,5	26,5
5	Záhřeb	13	8,65	6	25,5	0	23	14,3	6,3
6	Bukurešť	24,3	18,6	18	22,5	23	0	17,3	13
7	Budapešť	8,5	2,7	2,8	15,5	14,3	17,3	0	7,8
8	Bělehrad	16,7	11	11	26,5	6,3	13	7,8	0

Počáteční teplota: 15
Koncová teplota: 0,01
Koeficient ochlazování: 0,95 (kvocient geometrické řady)

Tabulka 2: výsledky výpočtu pro reálný případ

	Metoda nejbližšího souseda	Metoda simulovaného žíhání
Průběh cesty	1, 2, 3, 5, 8, 6, 4, 7, 1	1, 2, 7, 4, 6, 8, 5, 3, 1
Doba cesty (hod.)	78,25	77,5
Doba výpočtu (s)	0,0026	1,862

Uvádíme nejlepší výsledek, kterého jsme dosáhli. Parametry pro simulované žíhání jsou:

3.2 Náhodně generované vzdálenosti měst

Parametry jsou stejné jako u reálného případu.

Tabulka 3: průměrné hodnoty délky cesty a doby výpočtu při použití simulovaného žíhání

Koeficient ochlazování	Počet měst: 100		Počet měst: 1000	
	Délka cesty	Doba výpočtu	Délka cesty	Doba výpočtu
0,8	772,90 ±21,84	5,19 ±0,30	113781,10 ±414,54	15,83 ±0,49
0,9	762,40 ±27,25	10,97 ±0,55	112655,30 ±471,65	32,63 ±0,44
0,95	759,80 ±29,52	22,92 ±2,02	-**	-**
0,99*	742,10 ±19,52	53,99 ±2,55	-**	-**
0,995*	734,20 ±17,29	109,66 ±8,04	-**	-**

*z důvodu časové náročnosti jsme pozměnili koncovou teplotu na 0,5

** pro časovou náročnost nebyly pro tyto koeficienty hodnoty měřeny

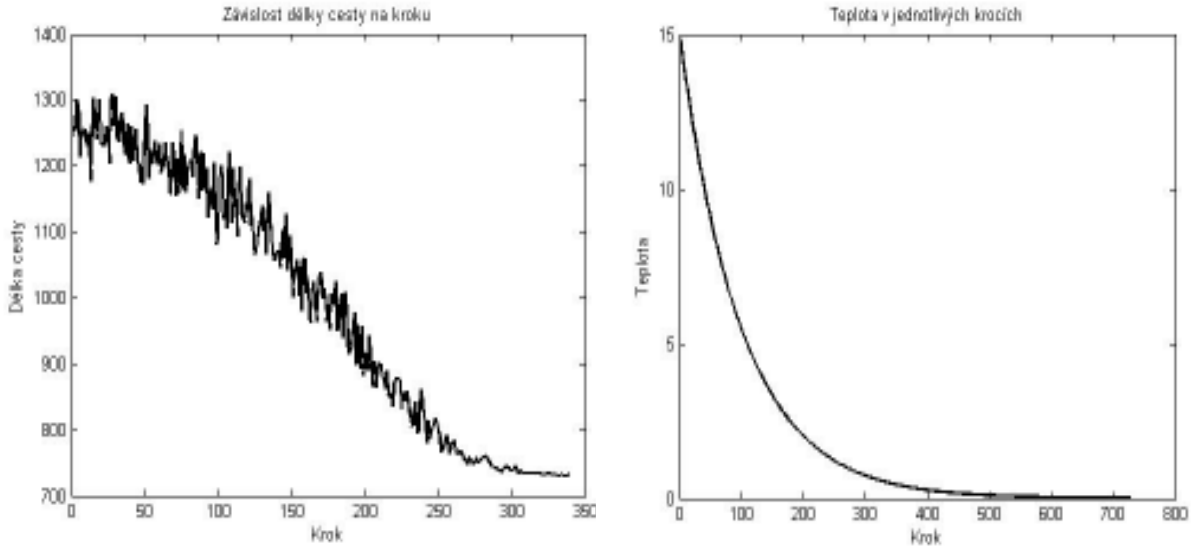
Tabulka 4: minimální délky cesty při použití simulovaného žíhání

Koeficient ochlazování	Počet měst: 100	Počet měst: 1000
0,8	759	113524
0,9	748	112449
0,95	737	-**
0,99*	730	-**
0,995*	726	-**

*z důvodu časové náročnosti jsme pozměnili koncovou teplotu na 0,5

** pro časovou náročnost nebyly pro tyto koeficienty hodnoty měřeny

Při použití metody nejbližšího souseda s párovými záměnami je délka cesty pro 100 měst 740 a pro 1000 měst 105 389.



Vlevo uvádíme graf závislosti délky cesty na kroku výpočtu (100 měst s koeficientem ochlazování 0,995) – ačkoliv po několika krocích dospěl graf do poměrně nízkých hodnot, opakovaně opouštěl lokální minima, až se ustálil na hodnotě 726.

Vpravo uvádíme graf závislosti teploty na počtu kroků výpočtu – teplota klesala od zadané počáteční teploty na zadanou minimální teplotu. Tvarem grafu je exponenciála.

4 Závěr

V tomto článku jsme se zabývali problémem obchodního cestujícího. Cestu lze naplánovat pomocí několika metod. My jsme využívali metodu nejbližšího souseda s párovými záměnami a simulované žíhání. Při našem pozorování jsme zjistili, že je výhodnější použít časově náročnější metodu, a to simulované žíhání. Pro srovnání tabulka číslo 4. Sice pro 1000 měst získáme metodou simulovaného žíhání delší cestu, ale toto je nejspíše způsobeno tím, že jsme provedli malý počet iterací a rychle ochlazovali. Nejspíše jsme uvízli v lokálním minimu.

V rámci metody simulovaného žíhání jsme zjistili, že při zvýšení koeficientu ochlazování je větší pravděpodobnost překonání lokálního minima a tím možnost nalezení kratší cesty.

Poděkování

Děkujeme především Martinovi Veselému za seznámení s touto problematikou, za velkou pomoc při zpracování projektu a za trpělivost. Dále děkujeme jaderné fakultě ČVUT v čele s panem Svobodou za organizaci celé akce Týdne vědy.

Reference:

[1] VESELÝ, M.: *Rozvrhování produkce při závislosti operačního času dávky na pořadí jejího zpracování*, 2012

[2] *Travelling salesman problem,* citováno: 19.6.2012, dostupné online: http://en.wikipedia.org/wiki/Traveling_salesman_problem

[3] *Problém obchodního cestujícího,* citováno: 19.6.2012, dostupné online: http://cs.wikipedia.org/wiki/Probl%C3%A9m_obchodn%C3%ADho_cestuj%C3%ADc%C3%ADho

Mikroskopie v materiálovém výzkumu

Baborák Jan[1], Krajník Richard[2], Molnar Oleh[3]
[1]Gymnázium Česká Lípa, Žitavská 2969
janbaborak@seznam.cz
[2,3]Gymnázium Teplice, Čs. Dobrovolců 11
Richard.krajnik@volny.cz
chesneck@gmail.com

Abstrakt:

Seznámíme vás s moderním optickým a elektronovým mikroskopem a nastíníme jejich princip. Pomocí těchto přístrojů následně provedeme analýzu neznámého prachu ze svářečské dílny a pořídíme jedny z nejpozoruhodnějších snímků celého TV.

1 Úvod

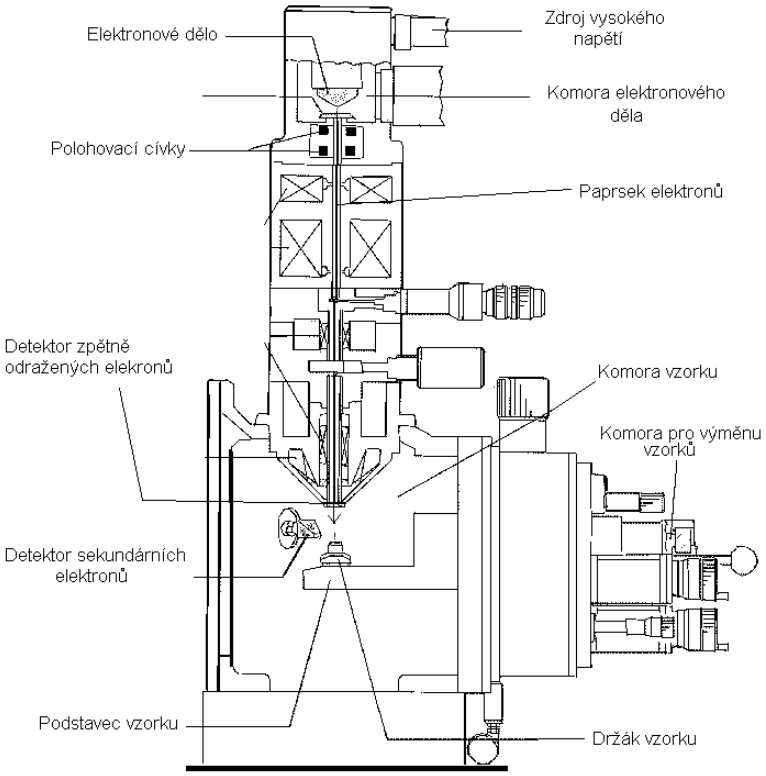
My, lidé, jsme už od přírody stvoření zvídavá. Převážnou většinu informací ze svého okolí vnímáme zrakem. Během několika tisíc let moderní lidské civilizace jsme ale přišli na to, že naše oči nestačí k tomu, abychom viděli vše do nejmenších podrobností, že existují velmi malé útvary, které tvoří všechny větší. A tak jsme vynalezli mikroskop.

První mikroskopy vznikly na přelomu 16. a 17. století, kdy se jimi na základě nákresů Zachariase Jansena zabýval velký Galileo Galilei. Přibližně o dvě a půl století později je výroba mikroskopů zahájena firmou Carl Zeiss a Louis Pasteur dělá své velké objevy v oblasti mikrobiologie.

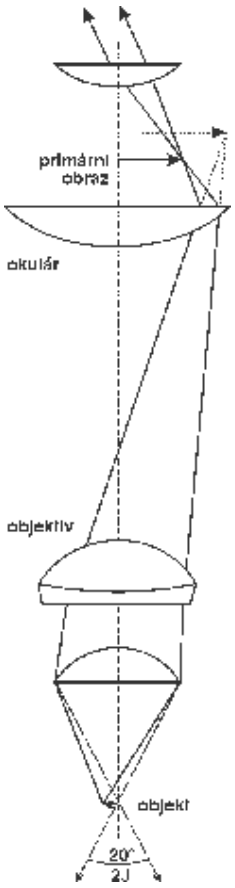
Mikroskopy dělíme podle záření, které se využívá k zobrazování předmětů, na optické a elektronové, které dále dělíme na řádkovací a transmisní. Optickým mikroskopem dosáhneme maximálního zvětšení kolem 2000x, což je dáno vlnovou délkou světla. Naproti tomu nejlepší elektronové mikroskopy nám umožňují zvětšit pozorovaný vzorek tak, že můžeme rozlišit i jednotlivé atomy.

Během naší práce jsme používali řádkovací elektronový mikroskop. Ten pracuje s tenkým svazkem elektronů, který dopadá postupně na všechna místa zorného pole. Při interakci elektronů s povrchem sledovaného vzorku vznikají různé druhy záření, které jsou mikroskopem snímány. K následnému zobrazení vzorku se nejčastěji používají elektrony odražené od vzorku, případně sekundární elektrony, tj. ze vzorku „vyražené“ primárním svazkem. Dále je snímáno vznikající RTG záření, jehož se využívá k analýze chemického složení.

Pracovali jsme s řádkovacím elektronovým mikroskopem JEOL JSM 5510LV, který vlastní Katedra materiálů FJFI ČVUT. Tento mikroskop umožňuje pozorovat vzorky s maximálním zvětšením přibližně 30 000x.



obr.1: schéma řádkovacího elektronového mikroskopu



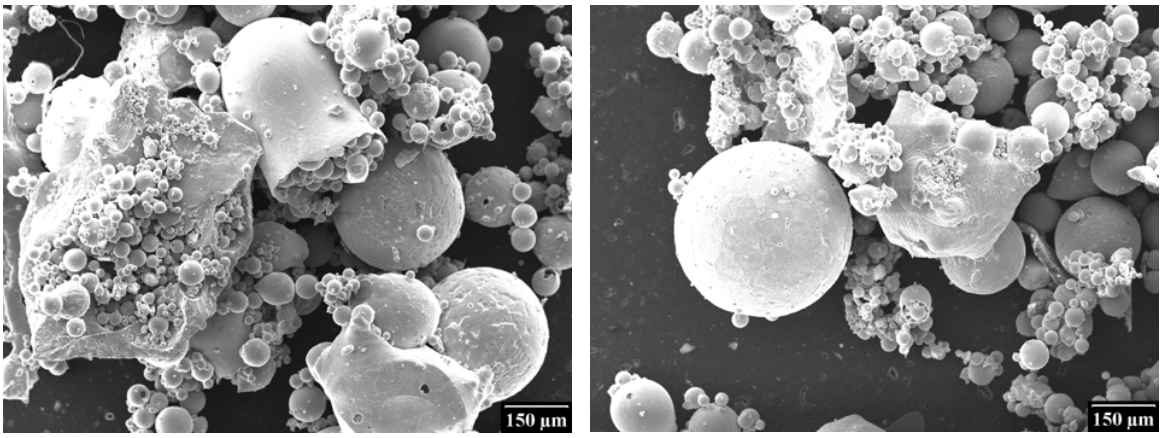
obr.2: schéma optického mikroskopu

2 Vlastní práce

Vzorek a jeho zpracování

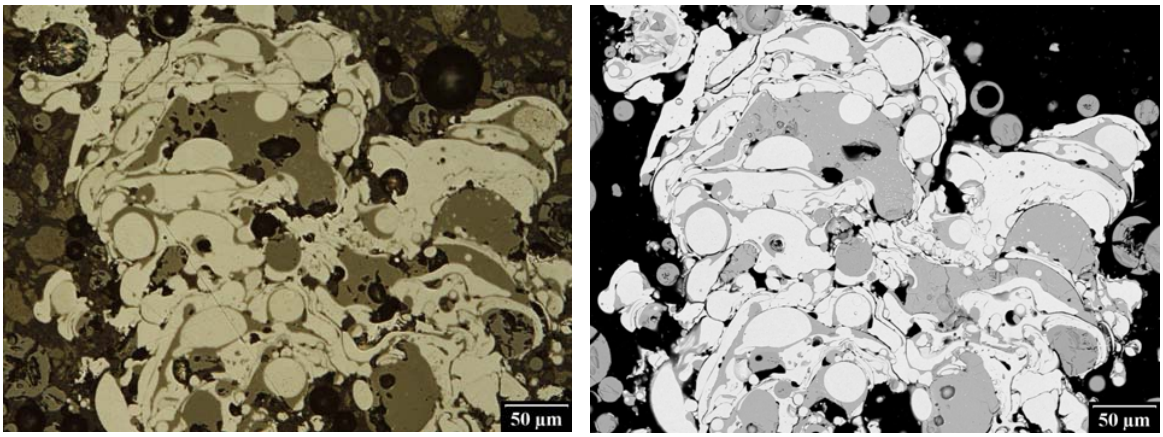
Jako vzorek pro naši práci jsme vybrali kovový prach ze svářečské dílny. Pro první pozorování jsme vzorek nijak neupravovali, pro další pozorování jsme jej zalili do vodivé bakelitové pryskyřice, následně vybrousili a vyleštili. Cílem naší práce bylo určit chemické složení vzorku.

Makrostruktura vzorku (neupraveno)

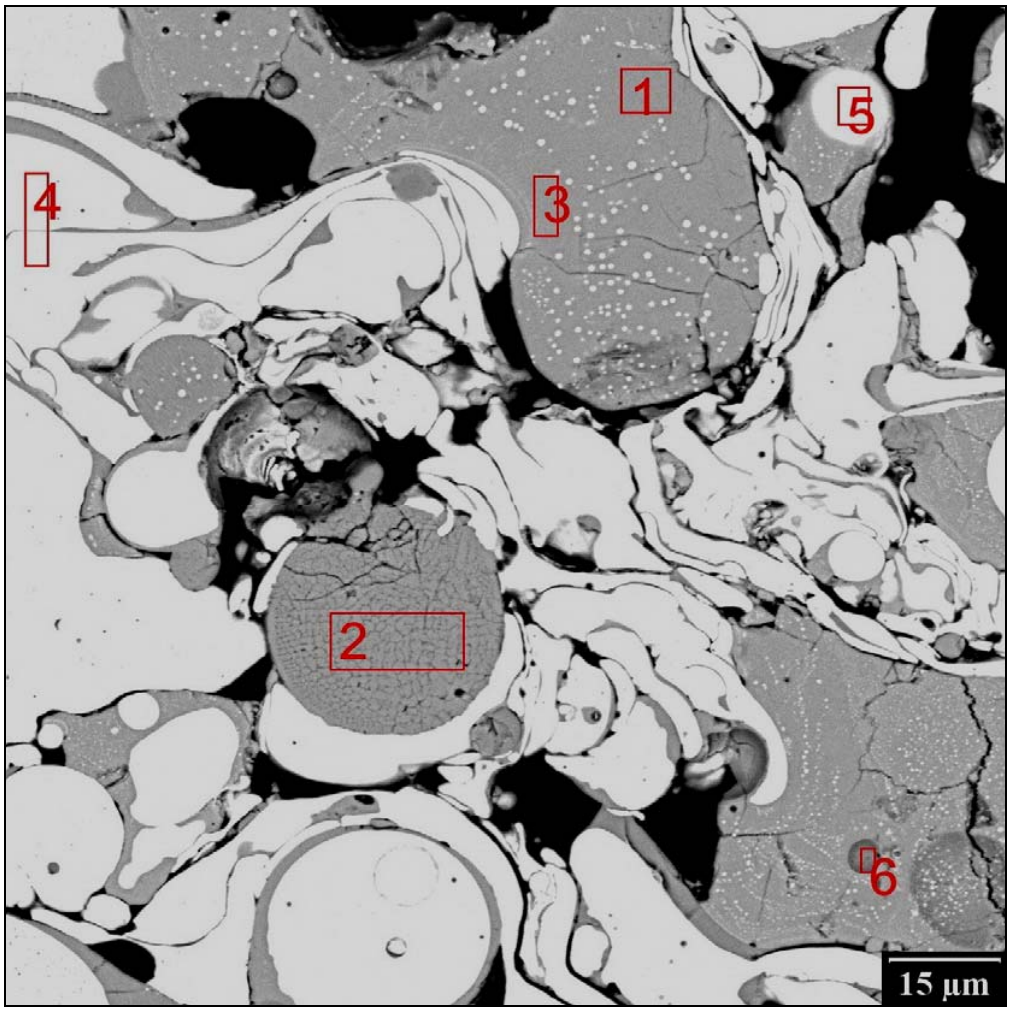


Obr.3: Prášek v elektronovém mikroskopu SE (metoda detekce sekundárních elektronů)

Srovnání snímků z optického a elektronového mikroskopu (zalito, broušeno)



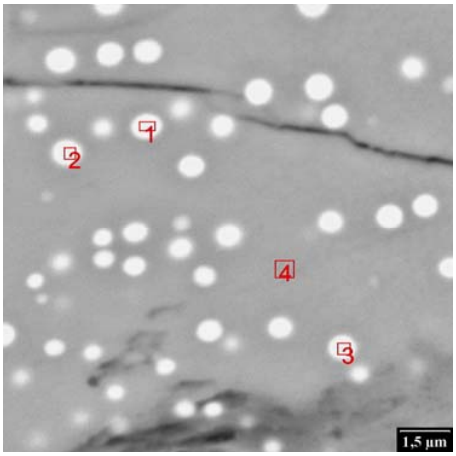
Obr.5: snímek z optického (vlevo) a elektronového(vpravo –BEC metoda) mikroskopu



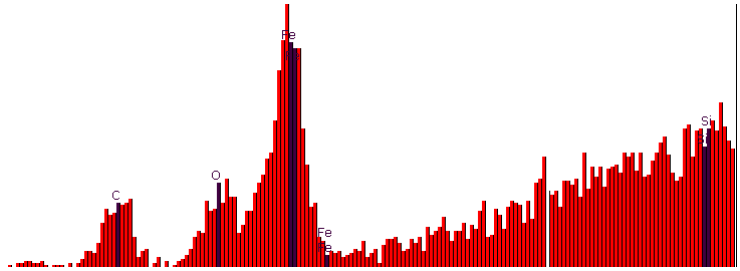
Obr.6: Analyzovaný vzorek v elektronovém mikroskopu – částice prachu, BEC

Spektrum	C	O	Si	Ti	Mn	Fe
Oblast 1	0,00	3,18	0,31	0,00	1,53	94,98
Oblast 2	0,00	3,76	1,13	0,66	2,67	91,78
Oblast 3	0,00	3,09	0,24	0,00	1,39	95,28
Oblast 4	0,00	0,01	0,03	0,00	0,46	99,49
Oblast 5	1,01	0,00	0,01	0,00	0,27	98,72
Oblast 6	3,98	2,52	0,21	0,00	1,55	91,74

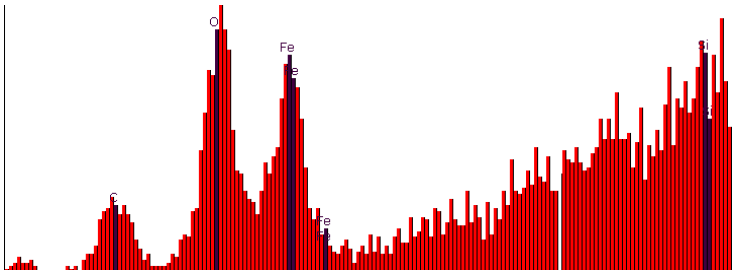
Tabulka 1: Chemická analýza vzorku z obr.6



Obr.7: Analyzovaný vzorek



Spektrum z místa 2



Spektrum z místa 4

3 Shrnutí

Pořídili jsme snímky makrostruktury analyzovaného prášku a jeho mikrostruktury – tvar částic je převážně kulovitý s různým průměrem.

Chemickou analýzou bylo určeno složení prachu – oxidy železa, místy částice čistého železa a stopy uhlíku.

Poděkování

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

Reference:

[1] KAČMÁR P. KOČÍ M. VACEK V. VÁCLAVEK O. *Mikroskopie v materiálovém výzkumu ;* FJFI ČVUT 2004

Mlžná komora

Samuel Butta (Akademické gymnázium Štěpánská, Praha 1, samueleus0007@gmail.com)
Lukáš Folwarczný (Gymnázium Komenského, Havířov, lfolwarczny@gmail.com)
Ondřej Kadlec (Gymnázium Trutnov, ondra3.k@seznam.cz)
Filip Peloušek (Gymnázium Vyškov, pod96@seznam.cz)

Abstrakt

Světem panuje skálopevné přesvědčení, že pro lidské oko není možné pozorovat jednotlivé částice pro jejich miniaturní rozměry. Existuje však zařízení umožňující pouhým okem pozorovat trajektorie jednotlivých částic. Jedná se o mlžnou komoru a náš miniprojekt si dal za cíl mlžnou komoru uvést do provozu, znovuobjevit některé elementární částice a provést několik měření.

1 Úvod

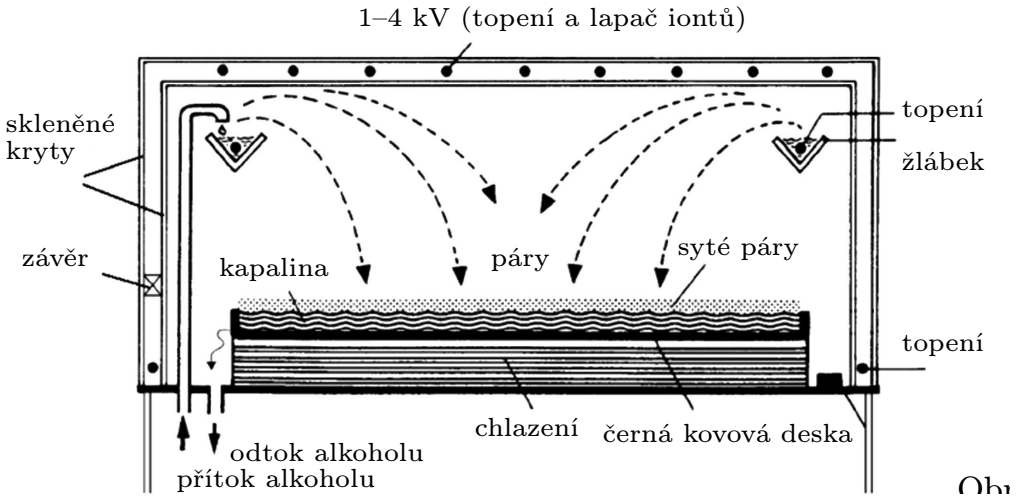
Roku 1911 vynalezl C. T. R. Wilson mlžnou komoru. Zařízení, které mělo původně sloužit k meteorologickému výzkumu, umožnilo pozorovat trajektorie nabitých částic a znamenalo tak průlom v částicové fyzice. S mlžnou komorou potvrdil Carl Anderson existenci pozitronu (1932, byl předpovězen Paulem Diracem v roce 1928) a objevil mion (1936). Vynález mlžné komory i objevy nových částic byly oceněny Nobelovou cenou. Roku 1936 vynalezl Alexander Langdorf konstrukčně jednodušší difúzní mlžnou komoru. Mlžné komory byly postupně nahrazeny dokonalejšími detektory, jako jsou bublinkové a jiskrové komory, mlžné komory slouží v současnosti především k demonstračním účelům.

V rámci našeho miniprojektu jsme uváděli do provozu difúzní mlžnou komoru a prováděli s ní základní experimenty a měření.

2 Princip mlžné komory

Existují dva typy mlžných komor – expanzní a difúzní. V obou případech je aktivní prostor komory vyplněn podchlazenou parou. Expanzní mlžná komora docílí přítomnosti podchlazené páry adiabatickou expanzí, zatímco difúzní využívá vnějšího chlazení. Výhodou difuzní mlžné komory je schopnost udržet aktivní prostředí podstatně delší dobu.

Podchlazená pára se nezačne srážet bez přítomnosti tzv. kondenzačních jader. Kondenzačními jádry jsou obvykle prachové částice, ale mohou jimi být i ionty (tuto vlastnost objevil v roce 1897 právě Wilson). Základní princip difúzní mlžné komory spočívá v tom, že při dně mlžné komory je médium (nejčastěji nějaký alkohol) prudce ochlazováno, kapičky, které vzniknou na kondenzačních jádrech, spadnou na dno komory i s kondenzačními jádry. Atmosféra uvnitř komory se postupně čistí od kondenzačních jader. V dostatečně čisté atmosféře zafungují jako kondenzační jádra nabité částice, které vznikají podél trajektorií prolétajících částic. Při vhodném osvětlení vzniká pozorovatelná stopa.



Obrázek 1: Schéma difúzní mlžné komory, převzato z [1]

3 Měření a pozorování

3.1 Použitá komora

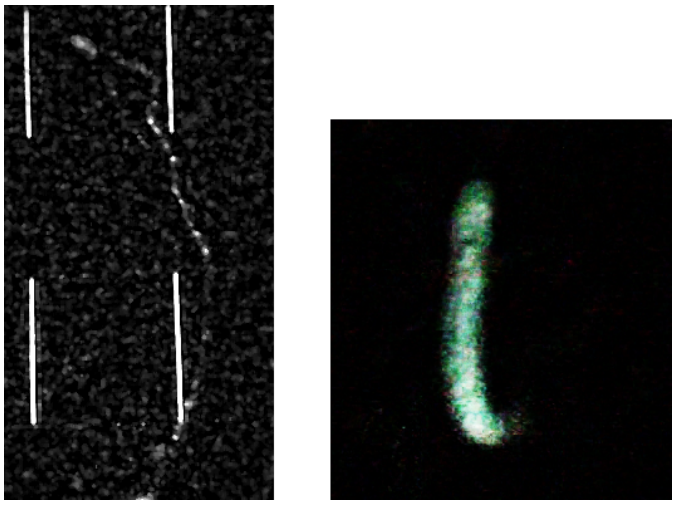
Mlžná komora, kterou jsme používali měla čtvercovou podstavu o hraně 20 cm a výšku 25 cm. Chladicím médiem byl suchý led (bod tání $-79°C$), použitým alkoholem byl isopropanol, pro lepší pozorovatelnost stop jsme mlžnou komoru nasvětlovali. Stopy uvnitř komory jsme nahrávali na digitální kameru, záznamy jsme rozložili na jednotlivé snímky. Zprůměrováním snímků jsme vytvořili snímek reprezentující pozadí, tento snímek jsme ode všech snímků odečetli pro zvýraznění stop, tyto zvýrazněné snímky používáme i v tomto příspěvku.

Pro zefektivnění komory jsme používali tzv. čisticí napětí, které jsme vedli mezi drátem vedoucím podél obvodu horní části komory a měděným dnem. Má se jednat o vysoké napětí, k dispozici jsme měli Wimshurstovu indukční elektriku. Tento přístroj s ručním pohonem generuje výboje o napětí až desítek kilovoltů, určit napětí vyvolávané při připojení ke komoře by bylo velmi obtížné.

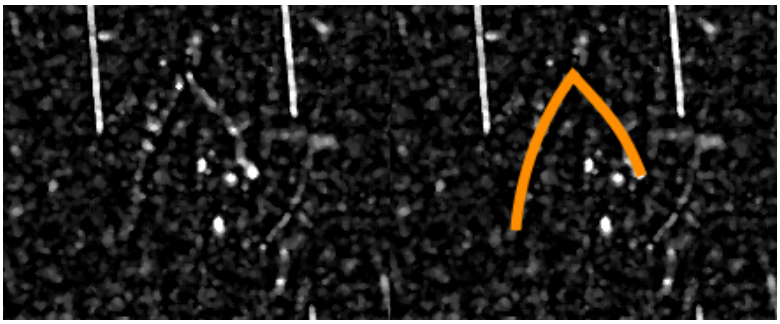
U některých měření jsme pod komoru dali feritový magnet za účelem stočení trajektorie částic, změřená indukce magnetu byla $0,15\mathrm{T}$.

3.2 Efektivita použití čisticího napětí

Dle našich informací se ještě nikdo na fakultě nepokusil změřit, jaký skutečný vliv toto čisticí napětí má na četnost pozorovaných stop. Provedli jsme dvě nezávislá měření, v každém měření jsme natočili minutový záznam bez použití Wimshurstovy elektriky a minutový záznam s ní. Celkem jsme získali 4 minutová videa. Na videích bez elektriky bylo celkem 20 zřetelných stop, s elektrikou 55 stop. Byl tedy ověřen kladný vliv čisticího napětí na kvalitu pozorování.



Obrázek 2: Srovnání stop částic β (vlevo) a částic α



Obrázek 3: Nadějný kandidát na kreaci elektron-pozitronového páru

3.3 Pozorování částic přirozeného pozadí

Na Zemi se vyskytuje široké spektrum ionizujícího záření, záření α (obvykle z pozemských radionuklidů) je zářením těžkých částic (jádra helia) a zobrazuje se jako široká stopa, záření β (často kosmického původu) lze pozorovat jako stopy úzké, srovnání nabízí obrázek 2.

3.4 Kobalt 60

V mlžné komoře jsme pozorovali projevy záření kobaltu s nukleonovým číslem 60, který podléhá gama rozpadu s energiemi fotonů 1.17 a 1.33 MeV, tato energie by měla stačit ke vzniku elektron-pozitronového páru, který by se měl v mlžné komoře projevit jako dvojice stop se shodným počátkem.

Pozorovali jsme zvýšené množství stop, z nichž většina neodpovídala popisu kreace elektron-pozitronového páru. Soudíme, že šlo o elektrony urychlené rozptylem gama fotonů. Bylo zaznamenáno několik stop vidlicovitého tvaru (viz obrázek 3), které ovšem nepřicházely přednostně ze směru, v němž byl umístěn zářič. Není proto jisté, zda tyto stopy odpovídaly kreaci páru.

3.5 Měření v magnetickém poli

Přítomnost magnetického pole v mlžné komoře umožňuje za jistých okolností změřit energie prolétávajících částic. Na tyto částice působí Lorenzova síla, díky které mají jejich trajektorie v ideálním případě tvar kružnice. Poloměr této kružnice je dán vztahem

$$r = \frac{p}{qB},$$

kde p je relativistická hybnost částice, q náboj a B magnetická indukce. Poloměr trajektorií lze změřit ze získaných snímků, indukci známe a náboj konkrétní částice lze získat z tabulek. Celkovou energii lze dopočíst na základě hybnosti podle vztahu

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4.$$

V rámci této práce byly změřeny energie několika pozorovaných částic, jednalo se o elektrony o energiích od 0.9 do 2.3 MeV. Tyto poměrně vysoké energie ukazují na kosmický původ elektronů.

Pro experimentování s jinou indukcí magnetu jsme jej zahrabali pod vrstvu suchého ledu, abychom určili indukci v komoře, použili jsme známý vzorek – stroncium 90. Indukce byla tímto způsobem spočtena jako 0.0255 T.

4 Shrnutí

V rámci miniprojektu se nám podařilo zprovoznit amatérskou mlžnou komoru. S využitím této komory jsme ověřili kladný vliv čisticího napětí na viditelnost stop, dále jsme změřili energie částic příslušejících několika těmto stopám. Nakonec se podařila kalibrace magnetického pole pomocí β zářiče se známou energií. Ukázalo se, že hodnota indukce byla překvapivě nízká, jako motivaci do budoucna vidíme využití Helmholtzových cívek, které by umožnily plynulou regulaci intenzity magnetického pole.

Poděkování

Děkujeme našemu garantovi Viktoru Löffelmannovi za laskavé vedení projektu a poskytnutí mlžné komory, rovněž děkujeme organizátorům Týdnu vědy za zajištění potřebného prostředí pro miniprojekt.

Reference

[1] P. Motal, M. Veselý. *Mlžná komora*. Rozhledy matematicko-fyzikální. 2007.

[2] Wikipedia the free encyclopedia. *Cloud chamber*. http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_chamber. [19. 6. 2012].

[3] Viktor Löffelmann. *Mlžná komora*. http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora/. [19. 6. 2012]

Modelování světla v mikro- či nanostrukturách

Jiří Beran, Miroslav Hanzelka, David Roesel
VOŠ a SPŠE Olomouc, Gymnázium Česká Lípa, PORG Libeň
mr.beba@gmail.com, mirdahanzelka@seznam.cz, roesel@gmail.com

Abstrakt:

V práci jsme se zabývali modelováním pohybu světla v nanostrukturách, především ve vlnovodech. Zvláštní pozornost jsme věnovali optickým vláknům, u nichž jsme zkoumali jejich vlastnosti z hlediska kvality přenosu informací. Dále jsme vytvořili počítačový model frekvenčního filtru a v programu Omnisim jsme navrhli nanostrukturu a studovali jsme její transmisní spektrum. Zkoumané modely jsme porovnávali s komerčně využívanými komponenty.

1 Úvod

Chování elektromagnetického vlnění v nanostrukturách se velmi liší od běžně pozorovaných makroskopických světelných jevů, přestože se řídí stejnými fyzikálními zákony. Přitom porozumění šíření světla na mikroskopických měřítkách je důležité při studiu optických vláken a vlnovodů obecně.

K modelování chování světla ve vlnovodech jsme využívali různé nástroje. Na simulace 2D vlnovodů nám postačil nástroj F2P, grafický výstup z něj jsme zpracovávali pomocí MATLABU. Odzkoušeli jsme tak několik konfigurací kruhových mikrorezonátorů, z nichž jsme sestavovali filtry určitých frekvencí spektra. Pro modelování optických vláken, toku světla v nich a znázornění intenzity na průřezu jsme už používali program Fimmwave od společnosti PhotonDesign® a na simulaci průchodu světla nanostrukturami a jevy na rozhraní kovu a dielektrika program OmniSim od stejné firmy.

2 Šíření světla

Maxwellovy rovnice jsou základní zákony v teorii elektromagnetického pole. Popisují chování elektromagnetických vln a lze je zapsat buď v diferenciálním nebo v integrálním tvaru. Diferenciální tvar:

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_{ext.}$$

$$\nabla \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \vec{J}_{ext} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Řešení Maxwellových rovnic vyžaduje splnění určitých okrajových podmínek, které jsou velmi citlivé na počáteční hodnoty veličin, což se projevilo při našich experimentech.

Ze Snellova zákona vyplývá, že pokud světlo dopadá na rozhraní pod větším než mezním úhlem, dochází k totálnímu odrazu (modul reflektance však neroste spojitě – intenzita odražené části magnetické složky světla klesá až k Brewsterově úhlu a teprve poté strmě narůstá). Avšak i při totálním odrazu projde zlomek elektromagnetického záření přes

rozhraní, a to ve formě evanescentní vlny, jejíž intenzita sice exponenciálně klesá, ale i přesto je tato ztráta při přenosu paprsků vlnovody významná.
Vlna šířící se po rozhraní dvou látek s opačnými znaménky permitivit se nazývá povrchový plazmon. Studování tohoto jevu nám umožňuje určovat schopnost látek vázat biopolymery, což nachází využití hlavně ve farmakologii. Obvykle se v laboratořích využívá rozhraní vzduch/zlato, protože tento kov má dobré optické a chemické vlastnosti (je biokompatibilní).

3 Vlnovody

Konstrukce vlnovodu

Vlnovody jsou běžně založeny na rozdílu indexů lomu jádra a obalu. V případě, že je vlákno komplikovanější, může být problematické přesně označit, jaká část je jádro, vedení světla však funguje na identickém principu. Vlnovodů existuje několik typů, od planárních (integrované obvody), přes kanálkové až po klasické optické vlákno. Vlákna se mimo jiné můžou lišit také v rozložení indexu lomu – jednotlivé složky se od sebe můžou lišit skokově (tzv. step-index vlákna) nebo postupně díky snižování míry dopace skla (tzv. gradientní vlákna).

K výrobě vláken se používá zpravidla dopované sklo, většinou germaniem. U vláken je třeba dodržovat extrémní čistotu (1 ppb), jelikož s každou příměsí rapidně stoupá absorpce a tím pádem i útlum s časem. Jednou z nejvýraznějších hrozeb je voda, respektive její OH^- ionty, které rapidně zvyšují absorpci a zhoršují tak přenosové vlastnosti vlákna.

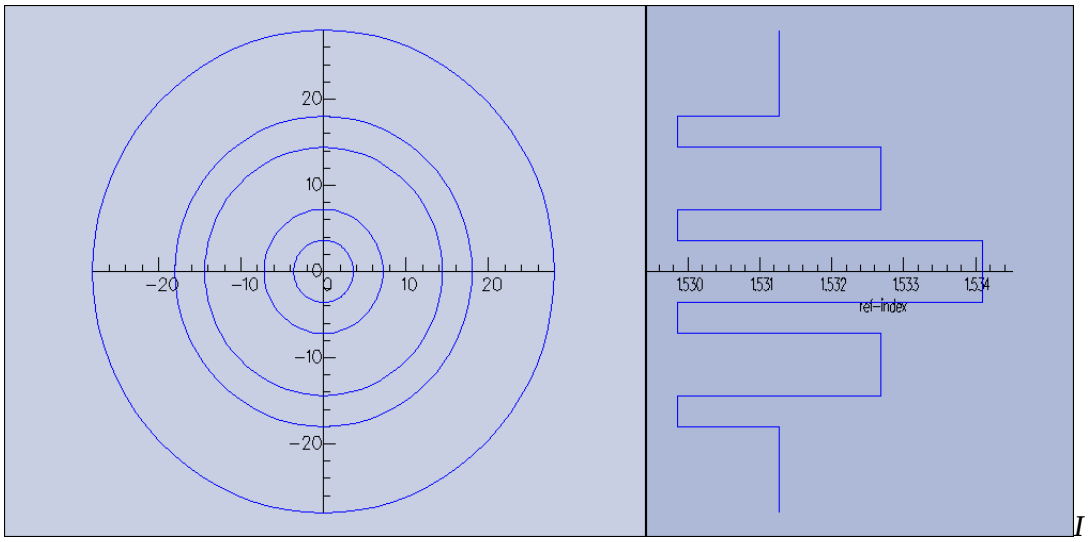
Vlákna se vyrábí z pevné preformy větších rozměrů, vytvořené z materiálů kýžených vlastností. Ta se následně taví a za využití gravitace se mění na mikrovlákno s identickými poměry látek jako v preformě, které následně chladne a dále se zpracovává.

Vedení světla ve vlnovodu

Při průchodu pulsu vlnovodem se paprsek vlivem disperze rozloží na více módů (vidů), které mají různě velkou konstantu šíření $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Proto dochází k jejich zpožďování, což znemožňuje přečtení informace poslané optickým vláknem. K disperzi dochází i v rámci jednotlivých módů – není možné poslat dostatečně silný pulz, aniž by došlo k rozšíření spektra. Proto je potřeba i u single módové vlákna přibližně každých 80 km signál obnovit, ačkoli ještě nedošlo k výraznému útlumu. Druhou možností je neomezovat frekvenci počtem módů, což ale vyžaduje použití vlákna s gradient-indexem.

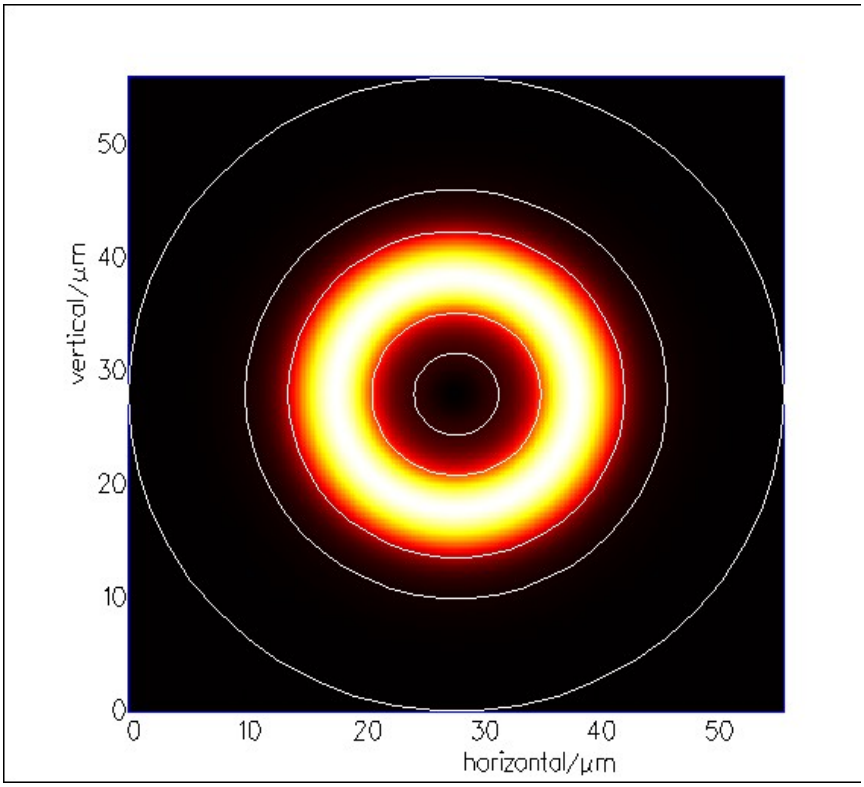
4 Modelování průřezu optického vlákna

Jako první jsme modelovali step-indexové optické vlákno pomocí programu FimmWave a snažili se napodobit vlastnosti vlákna zdokumentovaného ve článku [2], které mimo jiné vynikalo plochou disperzní křivkou a tím pádem i nízkou hodnotou útlumu na konkrétním rozsahu vlnových délek. Na Ilustraci 1 je znázorněn průřez modelovaného vlákna.



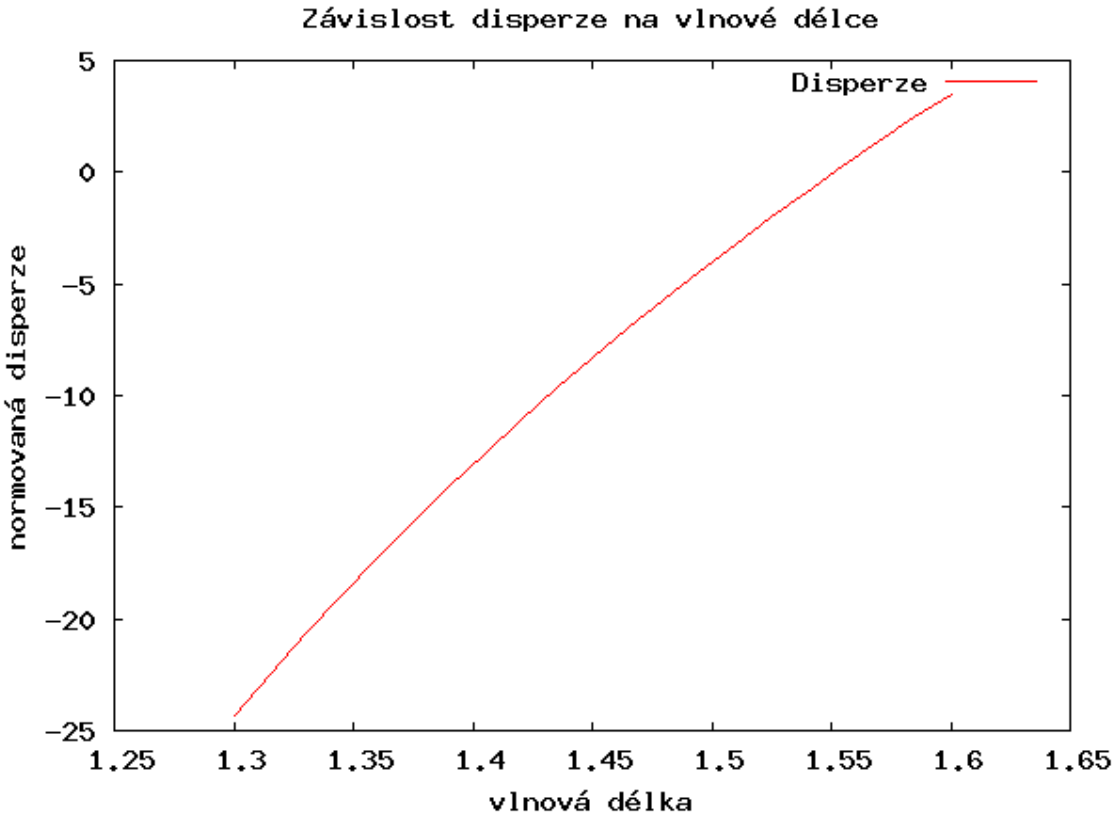
Ilustrace 1: Průřez single-mode optického vlákna

Vlákno je rozděleno na 5 vrstev, které mají rozdílné indexy lomu, což má vliv na šíření vlny. Našim cílem bylo najít základní mód, který by procházel středem vlnovodu.



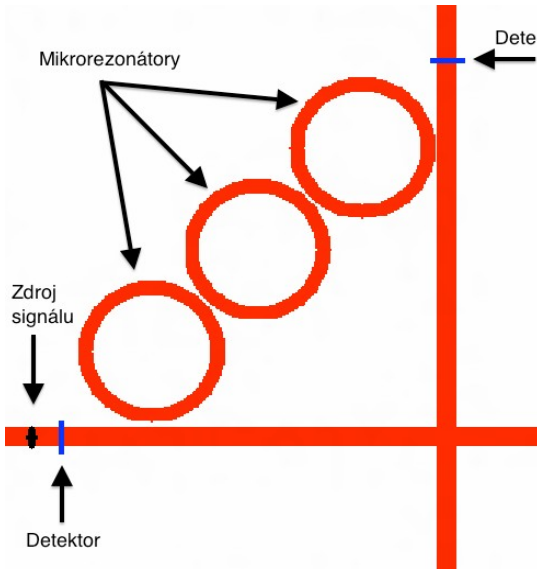
Ilustrace 2: Rozložení intenzity základního módu

Na Ilustraci 2 je vidět, že veškerá energie sice prochází třetí vrstvou, ale bez většího útlumu. Disperzní křivka by se měla ideálně pohybovat okolo hodnoty 0 pro vlnovou délku 1,55 µm. To, jak znázorňuje následující graf, základní mód modelovaného vlnovodu splňuje, jedinou vadou je prudký růst křivky.



5 Rezonance ve vlnovodech

Dále jsme se věnovali 2D simulacím vlnovodů v programu F2P [1]. Výsledný model sestával ze tří kruhových mikrorezonátorů a dvou na sebe kolmých vlnovodů – toto uspořádání tvoří frekvenční filtr, tj. komponent sloužící k rozdělení módu podle frekvencí. Data z tohoto programu jsme zpracovávali v programu MATLAB, díky kterému jsme zjistili, jak světlo v našem filtru prochází a zda je distribuce jednotlivých částí spektra efektivní.
Mikrorezonátory nacházejí uplatnění při zpracování opticky přenášených informací. V praxi se často využívá soustava vertikální, nikoli planární.



Ilustrace 3: Frekvenční filtr

6 Modelování lokalizovaných plazmonů

V programu OmniSim jsme modelovali vznik plazmonů na různě tvarovaných nanostrukturách ze zlata. Metodou leptání jsme vytvořili tvar osmicípé hvězdy, podkladem bylo sklo, vyslaný puls měl vlnovou délku 633 nm. Index lomu okolí byl proměnnou veličinou. Při průchodu pulsu zvolenou strukturou docházelo ke kumulaci intenzity na ostrých hranách, které pak samostatně vyzařovaly s jinou fází. Při zvýšení indexu lomu z hodnoty 1 na 1,05 se změnilo transmisní spektrum a došlo k posunutí dipu směrem k větším vlnovým délkám.

7 Diskuse

Při návrhu single-mode vlákna podle vědeckého článku se nám nepodařilo replikovat disperzní křivku tak, aby byla dostatečně plochá v okolí nuly. Výsledek však nebyl daleko od disperzních křivek běžně používaných vláken.

Snaha napodobit v F2P běžně používanou součástku frekvenčního filtru byla téměř bezvýsledná, výkyvy v grafu byly evidentně zapříčiněny jinými jevy, než bylo v plánu.

Na to, že jsme při navrhování nanostruktury Au modelu vycházeli pouze z vlastní intuice, vykazovala překvapivě dobré výsledky, které se kvalitativně podobaly laboratorně zkoumaným modelům, ač nedosahovali jejich přesnosti a účinnosti.

Z důvodů omezeného času jsme část simulací prováděli pouze ve 2D a některé modely jsme nestihli propočítat do potřebných detailů, všechny však alespoň částečně vykazovaly očekávané vlastnosti.

8 Závěr

V našich simulacích jsme se snažili napodobit optimální vlnovody a struktury zdokumentované ve vědeckých článcích. Nikdy se nám sice nepodařilo přesně replikovat, nebo snad zlepšit vlastnosti modelovaných prvků, výsledky však nebyly od cíle daleko a úspěšně využívaly studovaných efektů.

Poděkování

Na prvním místě bychom chtěli poděkovat Jiřímu Slabému, 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] M. QIU, F2P: *Finite-difference time-domain 2D simulator for Photonic devices*, http://www.imit.kth.se/info/FOFU/PC/F2P/

[2] P. L. FRANCOIS: *Monomode quadruple-clad fibres* Electronic Letters, 1984 volume 20

Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání

Jakub Celný, Adam Popelka, Petr Hanák
Gymnázium Teplice, Čs. Dobrovolců 11, Teplice
Gymnázium, Brno, Vídeňská 47
Gymnázium Bučovice, Součkova 500, Bučovice
Celnja1@centrum.cz, Adam.pope@seznam.cz,
Pedrohanak@seznam.cz

Abstrakt:

V našem projektu jsme se seznámili s problematikou Ramanovi spektroskopie a moderní metody povrchem zesíleného Ramanova rozptylu (SERS). Tato metoda má vizi budoucího uplatnění v medicíně při diagnostice závažných chorob, jelikož je velice přesná a specifická. Zatím se jedná o jedinou metodu, která je schopna dosáhnout tak přesných výsledků. Pro tuto metodu je typická nutnost substrátu (nanostrukturované povrchy z ušlechtilého kovu). V následujícím článku jsme se pokusili vytvořit vhodný substrát a ověřit jeho vlastnosti.

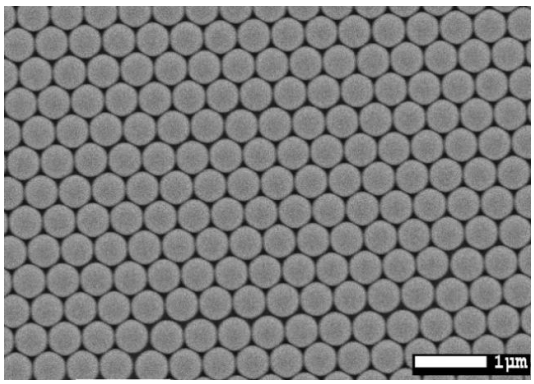
1 Úvod

Ramanův rozptyl objevil roku 1928 C. V. Raman, za což dostal v roce 1930 Nobelovu cenu za fyziku. Jev se dá definovat jako nepružný rozptyl na molekulách, při kterém dochází k přechodu mezi vibračně-rotačními stavy dané molekuly. Ramanova spektra molekul jsou charakteristická, a proto se dají molekuly podle této metody rozlišovat. Toho lze využít při rozeznávání složení různých látek. Ramanova rozptylu je využíváno ve spektroskopii k určení složení vzorku neznámých látek. Dnes je známa již modernější metoda SERS (surface-enhanced Raman scattering). Avšak zatím není využívána v komerční sféře. Její unikátnost spočívá v tom, že je velmi citlivá, ale zároveň i specifická. Proto je možné tuto metodu v budoucnu použít například k detekci některých vážných chorob. Nevýhodou je potřeba použití vhodného substrátu, který je schopen zařídit zesílení Ramanova signálu molekuly až 10^{11} krát. To nastává na kovových nanostrukturách, za předpokladu že jsou ozářeny paprskem o stejné frekvenci, která odpovídá rezonanční oscilaci elektronů v kovové nanostruktuře. Je vhodné vytvořit povrch, který by poskytoval homogenní zesílení, a měření by bylo reprodukovatelné, poté by byl použitelný pro komerční výrobu.

2 Postup

Nejprve jsme si připravili disperzi polystyrenových kuliček (253, 471, 940 nm – získané od firmy MicroParticles GmbH) a ethanolu. Následně jsme kuličky pomocí

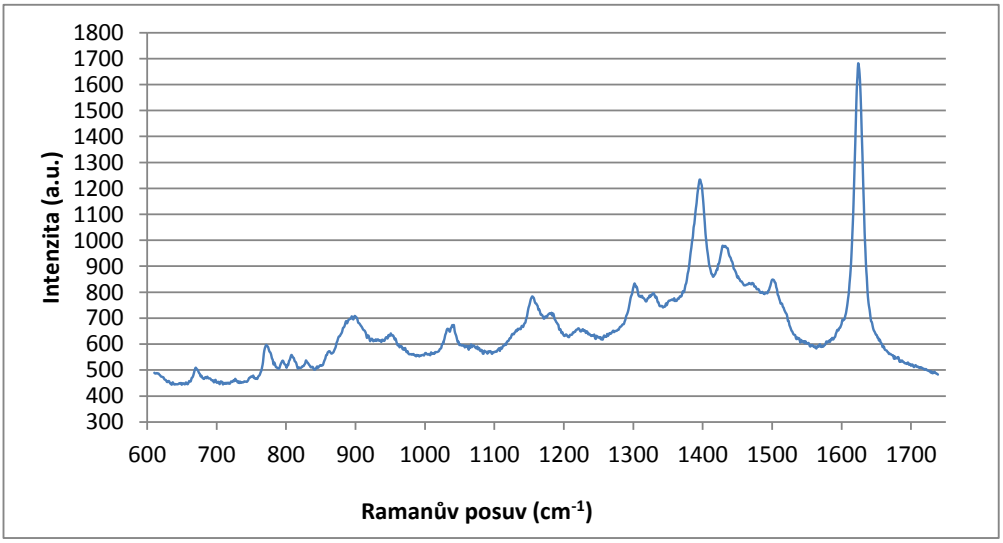
ohnuté pipety nanášeli na hladinu ultračisté vody (kuličky na hladině drží pouze pomocí povrchového napětí vody, protože jsou těžší než voda). Byl to zdlouhavý proces, jehož účelem bylo vytvoření souvislé monovrstvy. Kuličky se samouspořádávají do hexagonální soustavy (viz obr. 1.0 – snímek ze SEM), protože v ní mají nejnižší energii. Poté jsme pomocí mastného stříbrného drátku oddělili monovrstvu polystyrenových kuliček od stěn, aby se spojily v celek uprostřed. Dále jsme část struktury nabrali na odmaštěné sklíčko, které jsme osušili. Na vzorky jsme nanesli tenkou vrstvu kovu (v našem případě Au, vrstva byla 20 nm tlustá) pomocí magnetronového naprašování. Ten funguje na principu ostřelování zlatého terče ionty argonu. Následně jsme poprášené vzorky pozorovali pomocí rastrovacího elektronového mikrosku (JEOL JSM-7500). Poté jsme namíchali roztoky methylenové modře ($C_{16}H_{18}N_3SCl$) o koncentracích 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7} mol/l. V těchto třech roztocích jsme poté nechali 1,5 hodiny vzorky ponořené, aby se mohla methylenová modř adsorbovat na zlato. Nakonec jsme měřili SERS spektrum daných vzorků (Ramanův mikroskop - LabRam HR800 od firmy HORIBA Jobin Yvon), intenzita naměřených spekter závisela na velikosti polystyrenových kuliček a koncentraci roztoku.



Obr. 1.0

3 Výsledky

Zkušební měření jsme provedli na pracovišti Oddělení fyziky biomolekul na MFF UK. Zde jsme měřili spektrum na našich vzorcích.

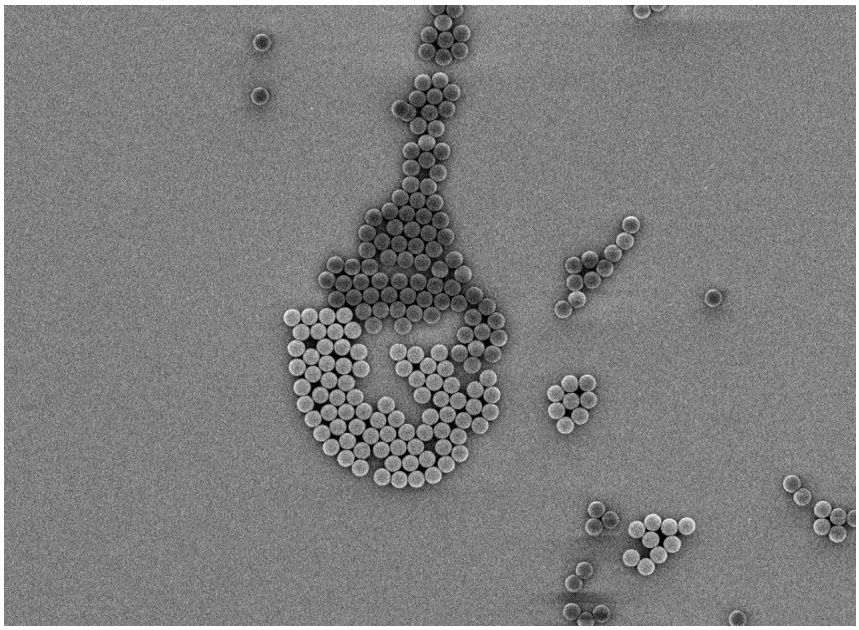


Obr. 1.1

Na grafu (viz obr. 1.1) je SERS spektrum methylenové modře. Zatímco methylenová modř vytvořila 2 nejznatelnější píky a to na hodnotách Ramanova posuvu 1400 cm^{-1} (menší) a 1600 cm^{-1} (větší), což se shodovalo s pásy uvedenými v článku [4].

4 Shrnutí

V připravených monovrstvách byla jasně viditelná hexagonální soustava polystyrenových kuliček, které bylo dosaženo samouspořádáním na hladině vody. Metoda samouspořádání je oproti metodě litografické efektivnější a méně časově a finančně náročná. Následné měření Ramanova rozptylu na pokovených strukturách ukázalo pásy jednotlivých vibrací odpovídajících methylenové modři. Při měření spektra u různých koncentrací methylenové modře byl pozorovatelný zřejmý rozdíl ve velikosti intenzitních maxim Ramanova spektru a to přibližně o jeden řád, což odpovídalo změně koncentrace roztoku. Měření na více místech ukázalo, že zesílení na našem povrchu bylo homogenní. Pokud bychom nechali vzorky ponořené v roztoku déle, na zlatou vrstvu by se adsorbovalo více molekul methylenové modře a SERS spektrum by bylo měřitelné i pro nižší koncentrace.



Obr. 1.2, Struktura „lžička“ z nanočástic o velikosti 940 nm – snímek ze SEM

5 Poděkování

Velké poděkování patří pořadatelům akce Týden vědy za možnost účastnit se.

Zvláště bychom chtěli poděkovat Ing. Lucii Štolcové (FJFI), Doc. RNDr. Markovi Procházkovi, Dr.(MFF UK) a RNDr. Janu Proškovi (FJFI).

6 Reference:

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

[2] LE RU E., ETCHEGOIN P. Principles of surface enhanced Raman scattering and related plasmonic e_ect. 1st ed., Amsterdam: Elsevier, 2009. xxiii, 663 p. ISBN: 978-0-444-52779-0.

[3] Ramanův jev. (3. 06. 2012). *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. Získáno 14:29, 19. 06. 2012 z http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Raman%C5%AFv_jev&oldid=8614978

[4] NAUJOK R.R., DUEVEL R.V., CORN R.M., Langmuir **9**, 1993, pp. 1771-1774

Stavba Nd:YAG laseru

J. Hrach, F. Nekovář, M. Pospíšilová

19. června 2012

Abstrakt

V článku se zabýváme stavbou Nd:YAG laseru, zvýšením jeho stability a provedením několika experimentů. Zvýšili jsme špičkový výkon laseru pomocí Q-spínání, pomocí nelineárního krystalu jsme vygenerovali druhou harmonickou světelného vlnění, které laser generuje, a podařilo se nám provozovat laser v režimu synchronizace módů.

1 Úvod

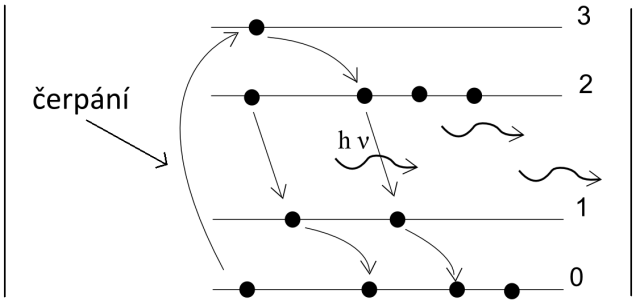
Naším cílem bylo postavit funkční laser, vyzkoušet ho v režimu volné generace, Q-spínání a mode-lockingu a vygenerovat druhou harmonickou generovaného paprsku.

2 Princip funkce Nd:YAG laseru

Aktivní prostředí

Aktivní prostředí laseru je tvořeno yttrium-hlinitým granátem dopovaným neodymem. Pro fungování laseru jsou důležité čtyři energetické hladiny elektronů.

Bez vnějšího buzení jsou elektrony na nejnižší energetické hladině. Pokud krystal nějakým způsobem vybudíme – v našem případě intenzivním zábleskem výbojky – elektrony přejdou na třetí nebo vyšší hladinu a nakonec se usadí na druhé hladině. Procesu vyzvedávání elektronů do vyšších hladin říkáme čerpání. Ve druhé hladině mohou vydržet relativně dlouho (stovky mikrosekund). Stavu, kdy je více elektronů na vyšší energetické,



Obrázek 1: Energetické hladiny aktivního prostředí Nd:YAG. Čerpání vybudí elektrony ze základního stavu na třetí hladinu a laserový přechod probíhá mezi 2. a 1. hladinou.

se říká inverze populace – zatímco z termodynamického hlediska je výchozí stav většina elektronů v nejnižších hladinách, teď je více elektronů ve vyšší hladině.

Pokud elektron sestoupí do nižší hladiny, vyzáří foton infračerveného záření (1064 nm). Tento foton má při průchodu aktivním prostředím tendenci způsobovat sestup dalších elektronů, které při sestupu vyzařují fotony se stejnou vlnovou délkou a stejnou fází. Samovolnému sestupu elektronu a vyzáření fotonu říkáme spontánní fotoemise, sestup a vyzáření způsobené jiným fotonem se nazývá stimulovaná fotoemise.

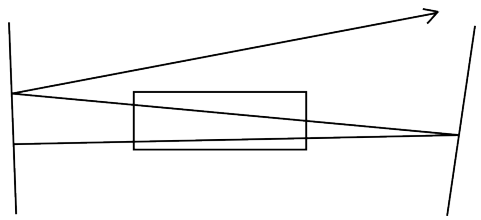
Některé lasery, například rubínové, pracují pouze se třemi hladinami; fotony jsou vyzařovány při přechodu elektronů z hladiny 1 do základní hladiny. Nevýhodou tříhladinového modelu je příliš vysoké obsazení hladiny, do které elektrony sestupují. Když takovým prostředím letí foton, který má způsobit stimulovanou emisi, má tendenci se spíše absorbovat. Takový laser pak potřebuje mnohem silnější buzení.

Rezonátor

Pokud na obě strany aktivního prostředí dáme zrcadla, svazek fotonů se po opuštění aktivního prostředí odrazí zpátky a takto může rezonovat. Při každém průchodu paprsek vybudí sestup dalších elektronů. Vyzáří se další fotony a paprsek se zesiluje.

V rezonátoru mohou rezonovat pouze vlnové délky, kterých se do délky rezonátoru vejde celočíselný počet. Protože spektrální čára materiálu aktivního prostředí je nějak široká, rezonátor generuje diskrétní spektrum vlnových délek, které tvoří tzv. podélné módy laseru.

Zrcadla musí být dokonale rovnoběžná, jinak by svazek aktivní prostředí po několika průletech opustil. Jednou z možností, jak zrcadla srovnat, je posvítit do aparatury slabým viditelným laserem, sledovat, jak se paprsek odráží, a opatrně zrcadla srovnávat.



Pomocný viditelný paprsek, kterým zjišťujeme nastavení zrcadel, může svítit i přímo v ose laseru, a to díky použití tzv. dielektrických zrcadel. Jedná se o zrcadlo, které odráží vlnovou délku, kterou používá laser, který ladíme (1064 nm), ale většinu paprsku viditelného laseru propustí. Tak můžeme na stínítku vidět, zda se paprsek vrací přesně v ose.

Nastavit zrcadla dokonale paralelně je celkem obtížné, proti si lze pomoci nahrazením jednoho ze zrcadel za duté, případně vložením spojné čočky před něj. Tím se paprsek, pokud mírně vybočí, koriguje zpět do osy.

3 Q-spínání

Saturovatelný absorbér je látka, která je za normálních podmínek téměř neprůhledná, ovšem dokáže absorbovat pouze určitý světelný tok. Po překročení určité hraniční hodnoty se stane propustným.

Zatím náš laser pracoval v režimu volné generace. Když jsme spustili buzení, začal pracovat hned, jak se dostatečně načerpal. Q-spínáním se nazývá obecně jakýkoli postup, kterým spustíme laser až v okamžiku, kdy je aktivní prostředí značně načerpáno. Tím se dosáhne kratšího, mnohem intenzivnějšího impulzu.

Ke Q-spínání jsme použili saturovatelný absorbér, který jsme vložili do rezonátoru. Zpočátku absorbér kmitání rezonátoru tlumí. Až když se aktivní prostředí dostatečně načerpá, je intenzita fotonů vzniklých spontánní emisí taková, že se absorbér saturuje a rezonátor se rozkmitá. Vznikne silný impulz s rychlým náběhem.

4 Generování druhé harmonické

KDP krystal je anizotropním optickým prostředím. Podobně jako islandský vápenec má pro každou rovinu polarizace jiný index lomu, tedy různě polarizované světlo se v něm šíří různou rychlostí.

Elektrická složka pole – světla rozkmitá dipóly v krystalu, a pokud je dostatečně intenzivní, objeví se v kmitech i druhá harmonická. Kvůli disperzi se materiálem šíří základní frekvence a druhá harmonická různou fázovou rychlostí. Druhé harmonické vygenerované v různých částech krystalu jsou navzájem fázově posunuté a následně se vyruší.

Pokud ale v paprsku IR laseru anizotropní KDP krystal vhodně natočíme, budou určité polarizační roviny generovaných harmonických procházet krystalem v takovém směru, že se projeví vlastnost krystalu mít pro různé polarizace různé rychlosti šíření, harmonické se dostanou do stejné fáze, sečtou se a my je uvidíme.

V našem pokusu se toto projevuje zviditelněním druhé harmonické 1064nm paprsku, která je zelená (532 nm).

5 Mode locking

Akustooptický modulátor se skládá z taveného křemene a piezo elementu. Pokud na piezo element přivedeme správný signál, v našem případě je to 75 MHz, což je akustická rezonanční frekvence křemene, vytvoří se v křemenu stojaté vlnění. V křemenu se vytvoří kmitny a uzly, a tudíž některé oblasti budou mít vyšší a některé nižší hustotu. Se změnou hustoty se mění index lomu a křemen tak pracuje jako difrakční mřížka. Z vlastností stojatého vlnění je vidět, že tato místa s odlišnou hustotou vznikají a zanikají s dvojnásobkem frekvence kmitání. Máme tedy difrakční mřížku, která se 150milionkrát za sekundu vypíná a zapíná.

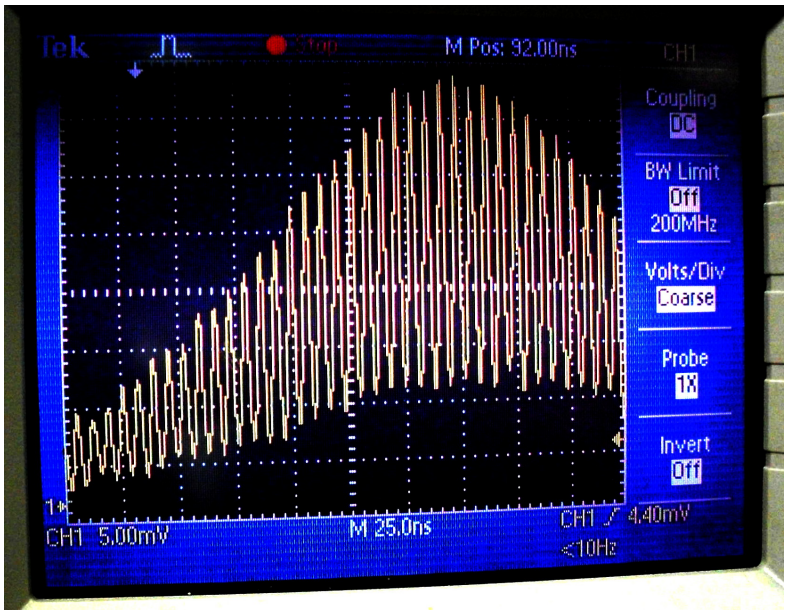
Když vložíme akustooptický modulátor do rezonátoru, v okamžiku, kdy vypadá jako difrakční mřížka, většinu paprsku odkloní; v okamžiku, kdy je průhledný, nebude mít žádný vliv. Když ho vložíme co nejblíž k jednomu ze zrcadel a naladíme rezonátor na stejnou frekvenci, jako má modulátor, dojde k synchronizaci fází podélných módů. Tímto způsobem můžeme vytvořit jeden krátký, ale extrémně intenzivní impulz – když se všechny módy podporované aktivním prostředím sečtou.

Potřebovali jsme tedy naladit rezonátor na správnou frekvenci. Difrakční mřížka se vypíná 150milionkrát za sekundu, paprsek tedy musí přijít každých 6,7 ns. Rezonátorem proběhne tam a zpátky; délka rezonátoru vyjde na 1 metr, pokud by byl ve vakuu nebo vzduchu. My ale máme aktivní prostředí, které má vyšší index lomu, tedy paprsek se v něm zpomalí. Rezonátor byl nakonec ve fázi s modulátorem při délce 92 cm.

6 Výsledky měření

Režim	Délka impulzu [ns]	Špičkový výkon [kW]	Energie [mJ]
Volná generace	60000	0,06	3,6
Q-spínaný	45	9	0.4
Mode-lock	<6	-	-

Tabulka 1: Naměřené délky impulzů a špičkové výkony pro jednotlivé řežimy provozu.



Obrázek 2: Osciloskopický záznam generovaného signálu v režimu synchronizace módů; oscilace mají periodu 6,7 ns.

7 Závěr

Podařilo se nám sestavit Nd:YAG laser a provést několik pokusů včetně realizace mode-lock režimu.

8 Poděkování

Děkujeme FJFI za organizování Týdne vědy a za poskytnutí potřebného vybavení.

Oscilace neutrin

D. Houška [1], A. Krpenský [2], M. Robotková [3], J. Štorek [2]

[1] Česko-anglické gymnázium České Budějovice
[2] Gymnázium Chodovická Praha
[3] Gymnázium Velké Meziříčí

Supervisor: Bc. Michal Křelina, teoretický fyzik

Abstrakt

Svou prací jsme zjistili, že na scintilačním detektoru s Gaudoliniem s rozměry krychle o straně o 20 m jsme ve vzdálenosti 47,49 km schopni detekovat 5,3 x 10^{-5} ν_e/s elektronových neutrin z JE Temelín a ve vzdálenosti 84,23 km 6,4 x 10^{-6} ν_e/s elektronových neutrin z JE Dukovany za ideálních podmínek. Pro účelnost experimentu by bylo vhodné zvětšit objem detektoru.

Úvod

V svém projektu jsme se zaměřili na teoretický výpočet počtu detekovaných elektronových neutrin z jaderných elektráren Temelín a Dukovany v ideálním případě. Fiktivní detektor jsme umístili do bývalého uranového dolu Okrouhlá Radouň.

Neutrino

Neutrino je elementární částice s nenulovou hmotností patřící do skupiny leptonů. Poprvé bylo předpovězeno W. Paulim v roce 1931. V dnešní době známe tři typy neutrin (elektronové, mionové, tauonové) a jejich antičástice. Na rozdíl od ostatních leptonů nemá neutrino elektrický náboj, tudíž na něj nepůsobí elektromagnetická síla. Interaguje pouze slabou interakcí a gravitační silou (ta je vzhledem k jeho hmotnosti zanedbatelná). Má poloviční spin, stejně jako ostatní leptony.

Slabá interakce

Slabá interakce je jednou ze čtyř základních známých sil, která působí mezi všemi částicemi. Aplikuje se především při radioaktivním β rozpadu: $n \rightarrow p + e^- + \overline{\nu}_e$ a při jiných rozpadech exotických částic. Poměr interakcí je znázorněn v tabulce č. 1.

Tabulka 1

Interakce	Poměr
Silná	1
Elektromagnetická	1/137
Slabá	10^{-5}
Gravitační	10^{-41}

Oscilace neutrin

Oscilace neutrin je přeměna jednoho typu neutrina na jiný typ. První teorii o oscilaci neutrin navrhl B. Pontecorvo poté, co experimenty dokázaly nižší počet elektronových neutrin detekovaných ze Slunce, než se předpokládalo. Dnes se již dá pravděpodobnost oscilace spočítat pomocí tzv. Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata (PMNS) matice v kvantové mechanice. Oscilace může probíhat pouze za předpokladu, že částice je hmotná. Jelikož je tento jev u neutrin prokázaný, vyvozujeme z toho, že neutrino má nenulovou hmotnost.
Matice PMNS se skládá z šesti parametrů, které se musí experimentálně změřit. Pro naše účely jsou relevantní parametry θ_{12}, θ_{13} a Δm_{12}, Δm_{13}, jejich aktuální hodnoty na základě experimentu jsou v tabulce č. 2:

Tabulka 2

Veličina	Hodnota
θ_{12}	34,054°
θ_{13}	9,2174°
Δm_{12}	$7{,}59 \times 10^{-5}$ eV^2
Δm_{13}	$2{,}32 \times 10^{-3}$ eV^2

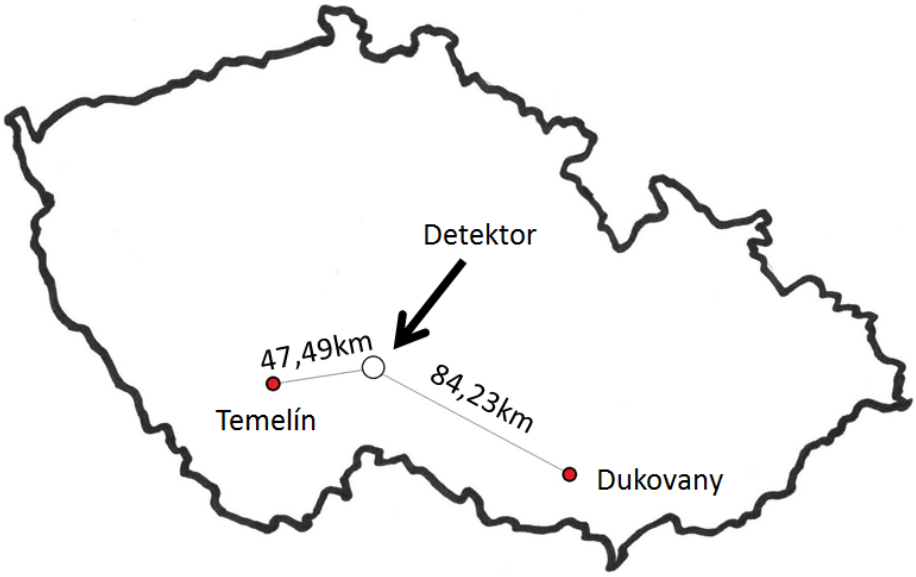
Zdroje neutrin

V současné době je známo 5 zdrojů neutrin detekovatelných na Zemi:

1. Slunce a jiné hvězdy – neutrina jsou jedním z výsledných produktů termonukleární fúze
2. Supernovy – neutrina vznikají i při výbuchu supernovy
3. Atmosféra – vznik neutrin při interakci kosmického záření s atmosférou
4. Planeta Země – přirozený radioaktivní rozpad hornin v nitru Země
5. Umělé zdroje – v urychlovačích částic, vedlejší produkty při reakcích v jaderných elektrárnách

Cíl výpočtu

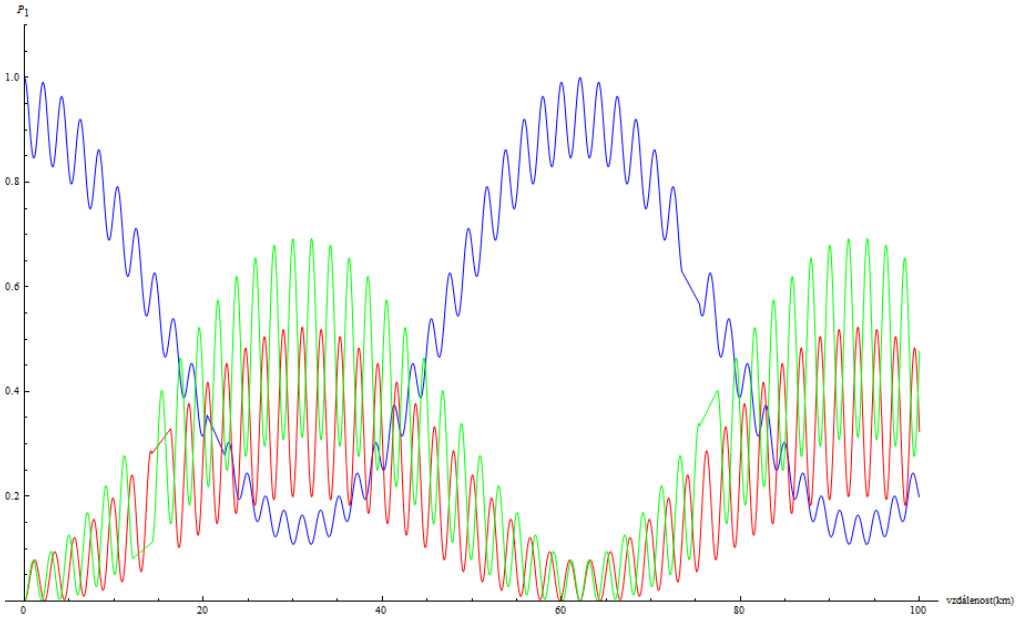
V rámci našeho projektu jsme navrhli jednoduchý scintilační detektor pro detekci elektronových neutrin z jaderných reaktorů v Temelíně a Dukovanech. Součástí projektu bylo spočítat předpokládané teoretické množství detekovaných elektronových neutrin v ideálním případě. Pro umístění našeho detektoru jsme vybrali lokaci bývalého uranového dolu Okrouhlá Radouň. (obrázek č. 1) Detektor s předpokládaným rozměrem 20 x 20 x 20 m se skládá z tekutého scintilátoru s Gadoliniem. Tento detektor je ve vzdálenosti 47,49 km od JE Temelín a 84,23 km od JE Dukovany.



Obrázek 1

Výsledky výpočtů

Výpočet pravděpodobnosti oscilace jsme spočítali pomocí programu Mathematica, jehož výsledek je znázorněn na obrázku č. 2. Pro tento výpočet byla použita energie neutrina 2 MeV se vzdáleností do 100 km. Ve vzdálenosti 47,49 km od JE Temelín podle výpočtů očekáváme pravděpodobnost nalezení elektronového neutrina s pravděpodobností 0,623. Pro JE Dukovany, která je ve vzdálenosti 84,23 km, platí pravděpodobnost nalezení elektronového neutrina 0,264. Součet pravděpodobností všech tří typů neutrin je roven 1, to znamená, že zbylá pravděpodobnost je rozdělena mezi mionové a tauonové neutrino.
(obr. č. 2)



Obrázek 2

Pro výpočet množství detekovaných neutrin jsme vycházeli s přibližné produkce elektronových neutrin v reaktoru 5 x 10^{20} ν_e/s pro tepelný výkon 3 GW. Dále jsme spočítali množství neutrin letících směrem na náš detektor, což je ze strany Temelína 14 x 10^{12} ν_e/s a ze strany Dukovan 4 x 10^{12} ν_e/s. Dále jsme spočítali počet neutrin, která doletí až k našemu detektoru dle vzorce:

$$\Delta N = N(1 - e^{-nL\sigma}),$$

kde N je počet částic, které vyletěly směrem k našemu detektoru, n je počet terčíkových jader na jednotku délky zeminy, L je vzdálenost mezi reaktorem a detektorem a σ je účinný průřez (pravděpodobnost interakce neutrina s terčíkovým jádrem), který jsme vzali přibližně $\sigma \approx 10^{-47}$ m^2. V rámci tohoto výpočtu jsme došli k závěru, že počet ztracených neutrin na cestě k detektoru je zanedbatelný.

Pro výpočet reakcí v detektoru, který odpovídá počtu detekovaných částic, jsme použili vzorec:

$$\Delta N_{detekovaných} = N n_0 l \sigma,$$

kde $N = \Delta N$ z předchozího vzorce, n_0 je počet terčíkových jader na jednotku délky detektoru, l je tloušťka detektoru.

Celkové výsledky pro počet detekovaných neutrin jsou shrnuty v tabulce č. 3.

Tabulka 3

Čas	Temelín	Dukovany
1 sekunda	5,3 x 10^{-5}	6,4 x 10^{-6}
1 den	4,56	0,55
1 měsíc	136,9	16,58
1 rok	1643,2	202
3 roky	4929,7	606,1

Náš ideální případ zahrnuje, že detektor je složený jenom z Gadolinia, že JE pojedou na plný výkon celý rok a jiná podobná přiblížení.

Závěr

V rámci tohoto projektu jsme se seznámili se základy elementární fyziky, neutrinem a jeho oscilacemi. Spočítali jsme teoretický počet detekovaných neutrin, která k fiktivnímu místu měření letěla z JE Temelín a Dukovany. Na základě našich výpočtů jsme spočítali, že lze detekovat řádově dva tisíce ν_e v ideálním případě za rok, v reálném případě by tento počet byl menší. V případě realizace takovéhoto experimentu navrhujeme postavit detektor s větším objemem, aby se dosáhlo větší statistiky pro přesnější určení parametrů oscilací.

Reference

Bibliographic details for "Neutrino"

Page name: Neutrino ; Author: Wikipedia contributors; Publisher: *Wikipedia, The Free Encyclopedia*.; Date of last revision: 10 June 2012 01:45 UTC; Date retrieved: 19 June 2012 13:14 UTC; Permanent link: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Neutrino&oldid=496834228; Primary contributors: Revision history statistics; Page Version ID: 496834228

Určení množství uranu v neznámém vzorku

Jana Jelínková
Gymnázium Bučovice
Yana.jelinkova@gmail.com

Tereza Kurimaiová
Gymnázium Christiana Dopplera
Kurimaiova@msn.com

Jiří Suchan
Gymnázium Vítězslava Nováka
Ji.suchan@seznam.cz

Jan Vaňourek
Gymnázium Otrokovice
Janvanourek@seznam.cz

Abstrakt

Jedna z možností určení množství uranu ve vzorku je detekce zpožděných neutronů. Vzorek je třeba nejprve ozářit a k tomu jsme využili reaktoru VR-1. Následně jsme detekovali zpožděné neutrony – nejdříve dvou kalibračních vzorků a poté jednoho neznámého. Na základě tohoto měření jsme poměrně přesně určili hmotnost uranu ve zkoumaném vzorku.

1 Úvod

Reaktor VR-1

Jaderný reaktor VR-1 je lehkovodní reaktor bazénového typu s obohaceným uranem. Moderátorem neutronů je lehká demineralizovaná voda, která slouží i jako reflektor, biologické stínění a chladivo. Odvod tepla z aktivní zóny probíhá přirozenou konvekcí.

Těleso reaktoru VR-1 má tvar osmistěnu, vyrobeného ze stínícího betonu. V tělese reaktoru jsou umístěny dva bazény - nádoby, značené H01 a H02. Obě jsou prakticky shodné, různá je však jejich funkce a tím i jejich vnitřní vybavení. Reaktorová nádoba H01 je určena pro aktivní zónu, nádoba H02 je manipulační. Toto uspořádání bylo zvoleno především z důvodů radiační ochrany a usnadnění některých manipulací. Manipulační nádoba umožňuje plnit řadu funkcí, mimo jiné je vybavena chráničištěm pro odkládání palivových článků a také umožňuje přípravu experimentů. V případě potřeby lze obě nádoby pomocí hradítka

vodotěsně oddělit. To je výhodné zejména při prohlídkách a kontrolách jednotlivých nádob, příp. i při větších úpravách aktivní zóny. [3]

Experimentální zařízení DOJIČKA pro detekci zpožděných neutronů

Obr. 1.0: Dojička

2 Teorie a měření

Zpožděné neutrony

Při řetězových štěpných reakcích dochází ke vzniku dvou druhů neutronů – okamžitých a zpožděných. Okamžité neutrony vznikají ihned při rozpadu jádra atomu štěpného materiálu. Zpožděné neutrony (cca 0,7 % v uranu 235) se objevují později, až při rozpadu jader štěpných produktů. Nás budou zajímat pouze neutrony zpožděné.

Nejčastějšími emitory zpožděných neutronů jsou jádra brómu a jódu, vzniklá jako nestabilní produkty štěpení. Do stabilního stavu se mohou dostat vysláním jednoho nebo více neutronů, nebo následným beta rozpadem s vyzářením elektronu. Jelikož k emisi neutronů dochází bezprostředně po rozpadu mateřského jádra, řídí se časové zpoždění, s nímž se tyto emitované neutrony objevují v aktivní zóně, zákony radioaktivního rozpadu mateřských jader.

Přestože je známo nejméně 45 různých mateřských jader, je vhodné (zejména z výpočetních důvodů) všechny zpožděné neutrony rozdělit do 6 skupin, charakterizovaných rozpadovou konstantou mateřských jader λ_i, podílem i-té skupiny zpožděných neutronů β_i vztažených na jeden neutron vzniklý při štěpení a energetickým spektrem. Zpožděné neutrony jsou velmi významné pro provoz a řízení jaderných reaktorů, zejména z hlediska periody reaktoru (doba během níž se změní neutronová hustota a odpovídající výkon e-krát). [1]

Číslo skupiny	Poločas rozpadu	Rozpadová konstanta	Relativní výtěžek
1	54,51	0,0127	0,038
2	21,84	0,0317	0,213
3	6	0,115	0,188
4	2,23	0,311	0,407
5	0,496	1,4	0,128
6	0,179	3,87	0,026

Tab. 2.0 Charakteristické vlastnosti zpožděných neutronů pro uran 235 [2]

Potřebné vybavení

- Experimentální zařízení pro měření zpožděných neutronů „DOJIČKA“ na reaktoru VR-1
- Vzorky s obsahem štěpného materiálu

Zkoumané materiály

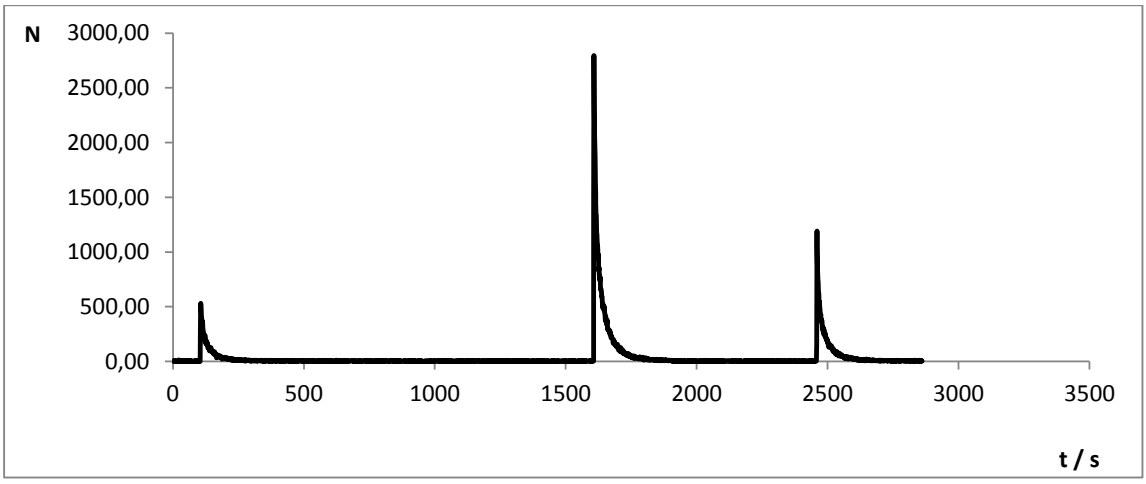
K dispozici jsme měli 3 vzorky uranu 235 ve formě ampulek vyplněných parafínem. Vzorky měly odlišnou hmotnost uranu.

Ozáření vzorků

Vzorky jsme postupně ozářili pomocí zařízení „Dojička“. Nejprve jsme ozářili kalibrační vzorky a poté vzorek neznámý. Jelikož jsme vzorky vkládali do reaktoru na výkonu, bylo nutné provádět zakládání přiměřenou rychlostí, aby nedocházelo k nežádoucímu odstavení reaktoru při nedovolené změně výkonu. Vzorky jsme ozařovali 400 s při výkonu 1E07 neutronů za sekundu. Delší ozařování by výtěžnost zpožděných neutronů nezvýšilo, došlo by však ke zbytečnému zvýšení aktivity vzorku. Ihned po vyjmutí byl vzorek dopraven do měřícího zařízení.

Měření vzorků

Stanovili jsme dobu měření (170 s) s ohledem na ukončení ozařování a dobu rozpadu jednotlivých skupin zpožděných neutronů. Hodnoty z detektorů neutronů jsme odečetli, zapsali do tabulky a vynesli do grafu.



Graf 2.1: Součet počtu neutronů z kanálu 1 a 2 pro všechny 3 vzorky

Pro každý vzorek jsme zprůměrovali součty hodnot z prvního a druhého kanálu za 170 s.

Číslo měření	Hmotnost [g]	Kanál 1	Kanál 2	Průměrný počet neutronů
1,00	0,5	6404,00	6685,00	6544,50
2,00	2,5	29180,00	29632,00	29406,00
3,00	?	12342,00	12585,00	12463,50

Tab. 2.2: Výsledky měření počtu zpožděných neutronů za 170 s.

Počet zpožděných neutronů závisí při nízkých koncentracích uranu ve vzorku na hmotnosti vzorku lineárně. Díky tomu jsme z hodnot prvních dvou známých vzorků vytvořili obecný lineární předpis:

$$y = kx + q$$

$$0{,}5k + q = 6544{,}5$$
$$2{,}5k + q = 29406$$

$$k = 11430{,}75$$
$$q = 829{,}155$$

$$y = 11430{,}75x + 829{,}155$$

Po dosazení průměrné hodnoty z třetího neznámého vzorku do tohoto předpisu jsme získali hledanou hmotnost:

$$x = 1{,}018$$

Hmotnost měřeného vzorku uranu je 1,018 g.

3 Shrnutí

Pochopili jsme problematiku zpožděných neutronů a tyto poznatky jsme využili při měření. Naměřená hodnota relativně odpovídá skutečnosti. Chyba byla způsobena měřidly, vlivem prostředí a také lidským faktorem. S výsledkem jsme spokojeni.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu garantovi Ing. Ondřeji Humlovi za skvělé vedení a ochotu. Zároveň chceme poděkovat celé katedře jaderných reaktorů FJFI.

Reference:

[1] PROF. ING. MATĚJKA, CSC., K.: *Experimentální úlohy na školním reaktoru VR-1* ČVUT, 2005, strana 50 – 54

[2] http://www.fjfi.cvut.cz/reaktorova_fyzika1/kap313.htm

[3] http://reaktorvr1.eu/popis.php

Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

Tomáš Bárta
Gymnázium Nad Štolou, tmbrta@gmail.com
František Falda
Gymnázium Trutnov, fffrantik@seznam.cz
Boris Odložilík
Ekogymnázium Brno, b.odlozilik@seznam.cz

Abstrakt

Naším hlavním cílem bylo seznámit se se stochastickou metodou výpočtu Monte Carlo. Využili jsme tuto metodu pro výpočet plochy pod grafem funkce a výsledek jsme porovnali jak s analytickým, tak s numerickým výpočtem pomocí obdélníkové metody. S její pomocí jsme také odhadli hodnotu Ludolfova čísla. Využili jsme ji také pro výpočet plochy implicitně zadaného obrazce. Zde se tato metoda osvědčila, avšak v případech, kdy jsme schopni určitý integrál spočítat pomocí obdélníkové metody se ukázala jako nepřesná a pomalu konvergující.

1 Úvod

Monte Carlo je stochastická metoda. Při výpočtu obsahu plošného obrazce náhodně volíme body v námi ohraničené oblasti. Ze zadání křivky můžeme poté určit, zda se bod trefil do oblasti vymezené křivkou či nikoliv. Z poměru počtu bodů v obrazci ku celkovému počtu bodů můžeme poté určit obsah ohraničené plochy S podle vzorce

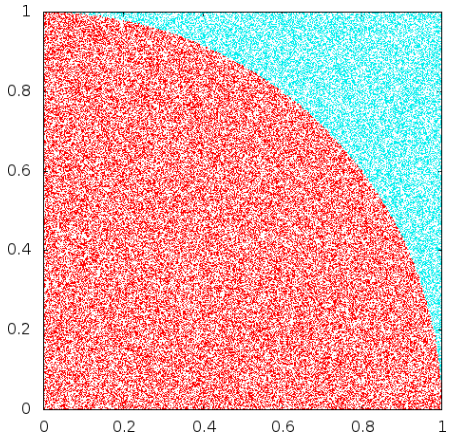
$$S = \frac{N_{\text{uvnitř}}}{N_{\text{celkem}}} \cdot S_{\text{oblast}} \,,$$

kde $N_{\text{uvnitř}}$ je počet střel, které padly do oblasti, jejíž obsah počítáme a N_{celkem} je celkový počet střel a S_{oblast} je obsah celé oblasti, do které jednotlivé body střílíme.

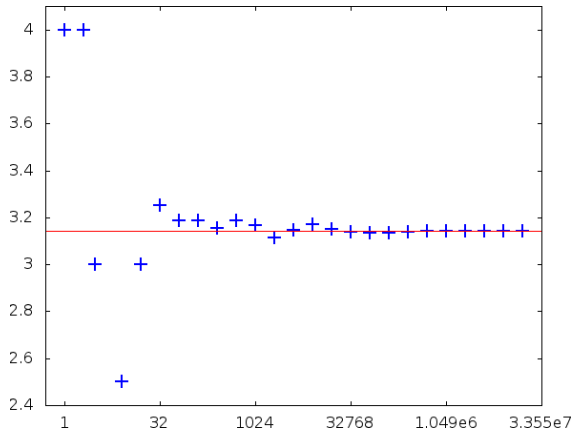
2 Tělo příspěvku

Naším prvním cílem bylo přibližně vypočítat hodnotu čísla π. Pro tento účel jsme v rovině vymezili čtverec o straně 1 s levým dolním rohem v počátku soustavy souřadnic. Náhodné souřadnice x i y byly tedy voleny na intervalu $\langle 0;1\rangle$. Nerovností $x^2 + y^2 \leq 1$ jsme vymezili čtvrtkruh. Provedli jsme 10 měření, při každém jsme náhodně zvolili $3 \cdot 10^7$ bodů. Na obrázku 1 jsou tyto náhodně zvolené body znázorněny – body pod obloukem kružnice jsou ty, co splnily podmínku $x^2 + y^2 \leq 1$. Zjištěné hodnoty jsme zprůměrovali a

určili směrodatnou odchylku [2]. Hodnotu π jsme tedy spočítali jako $3{,}141584 \pm 0{,}000282$. Pro ilustraci jsme při výpočtu začali s jedním náhodným bodem a jejich počet postupně zvyšovali, abychom viděli, jak rychle naměřená hodnota konverguje ke skutečné známé hodnotě π. Z obrázku 2 je patrné, že od určitého počtu výstřelů se hodnota zpřesňuje minimální rychlostí.



Obrázek 1: Výpočet π

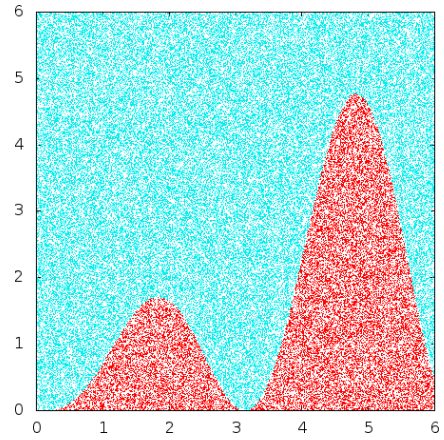


Obrázek 2: Postupná konvergence k hodnotě π

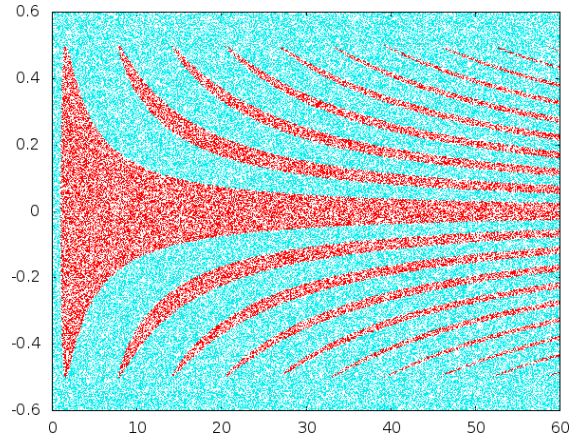
Dále jsme chtěli pomocí metody Monte Carlo spočítat určitý integrál nějaké analyticky integrovatelné funkce a výsledek porovnat s analytickým řešením a s řešením získaným numericky pomocí obdélníkové metody. Pro tento účel jsme zvolili funkci $y = x \sin^2 x$ a integrovali jsme ji v rozmezí 0 až 6. Analytický výsledek nám vyšel

$$\int_0^6 x \sin^2 x \, \mathrm{d}x = \frac{37}{4} - 3 \cos 6 \sin 6 - \frac{1}{4} \cos^2 6 \,,$$

což je přibližně 9,824378.



Obrázek 3: Výpočet $\int_0^6 x \sin^2 x \, \mathrm{d}x$



Obrázek 4: Výpočet plochy ohraničené křivkou zadanou rovnicí $\sin(xy)\cos(xy) = y$

Metodou obdélníkovou jsme získali výsledek 9,824164489 při kroku o velikosti 0,001 (dohromady tedy 6000 kroků). Při počítání pomocí metody Monte Carlo jsme náhodně zvolili 10^7 bodů a měření opakovali 10krát. Vypočítaná hodnota byla přibližně 9,824869.

Bylo tedy provedeno řádově mnohem více iterací než při obdélníkové metodě a přesnost výsledku je přibližně stejná. V tomto případě se tedy metoda Monte Carlo ukázala jako příliš pomalá.

Při metodě Monte Carlo by chyba měření měla klesat s odmocninou počtu střel. Abychom tento předpoklad ověřili, zkusili jsme obsah pod touto křivkou počítat s různým počtem střel. Výsledky v tabulce 1 naznačují, že toto skutečně platí, neboť kvocientem mezi směrodatnými odchylkami je skutečně přibližně $\sqrt{10}$.

počet střel / měření	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7
1	9,612000	9,637200	9,848520	9,822456	9,825041
2	9,612000	10,008000	9,808560	9,830016	9,817621
3	9,900000	9,932400	9,844920	9,810864	9,831593
4	8,892000	9,806400	9,731520	9,822960	9,830545
5	9,684000	9,781200	9,753840	9,817308	9,826747
6	9,396000	9,781200	9,864720	9,816156	9,818863
7	10,080000	9,910800	9,851040	9,830268	9,825606
8	9,324000	9,950400	9,884520	9,823068	9,821650
9	9,972000	9,720000	9,797400	9,828612	9,829174
10	9,324000	9,842400	9,786960	9,851832	9,821372
Φ	9,579599	9,837000	9,817201	9,825354	9,824821
σ	0,340176	0,108374	0,047351	0,010659	0,004596

Tabulka 1: Postupné zvyšování počtu střel

Nakonec jsme metodu použili na výpočet obsahu obrazce, jehož ohraničení je zadáno implicitně a nemůžeme ho tedy spočítat ani analyticky ani obdélníkovou metodou. Jako obrazec, jehož obsah chceme spočítat jsme si zvolili útvar, který je ohraničen křivkou zadanou rovnicí $\sin(xy)\cos(xy) = y$ na intervalu $\langle 1; 0\rangle$. Opět jsme provedli 10 měření po 10^7 bodech. Obsah obrazce jsme stanovili na $22.48678398 \pm 0.00683647$. Tento výsledek nemáme jak ověřit, ale směrodatná odchylka je poměrně malá a skutečný výsledek by se tedy neměl příliš lišit.

3 Shrnutí

Úspěšně jsme pochopili stochastickou metodu Monte Carlo a aplikovali jsme ji na několik případů pro vypočtení obsahu plošných obrazců. Podařilo se nám poměrně přesně odhadnout hodnotu čísla π. Při porovnání s obdélníkovou metodou výpočtu určitého integrálu se ovšem metoda Monte Carlo ukázala jako velice pomalá a nepřesná. Podařilo se nám také ověřit, že chyba měření klesá s odmocninou počtu iterací. Nakonec jsme vypočítali obsah implicitně zadaného obrazce, jehož obsah jsme nebyli schopni spočítat ani analyticky ani obdélníkovou metodou.

Poděkování

Na závěr chceme poděkovat vedoucímu naší práce Ing. Petru Ambrožovi z katedry matematiky, který nám vysvětlil vše potřebné a po celou dobu nám trpělivě pomáhal.

Dále bychom rádi poděkovali také celé Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské na Českém vysokém učení technickém v Praze, která zorganizovala Týden Vědy na FJFI 2012.

Reference

[1] M. Virius, *Metoda Monte Carlo*, České vysoké učení technické v Praze, 2010.

[2] *Wikipedia: Standard deviation*, http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation [cit. 2012-06-19]

Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce

Adam Rygál[1], Magdaléna Slunečková[2], Aneta Šťastná[3]

1. Gymnázium a SOŠPg Jeronýmova Liberec, rygal.adam@gmail.com
2. Bilingválne gymnázium Milana Hodžu v Sučanoch, magdling@email.cz
3. Gymnázium Omská Praha, aneta.stastna@email.cz

Abstrakt:

Pozorovali jsme difrakci světla na různých objektech a následně jsme pomocí ohybu světla zkoumali strukturu vzorků difrakčních mřížek a na základě difrakčních řádů jsme určili jejich periodu. Jak různé mřížky vypadají, jsme si ověřili pod optickým, elektronovým a AFM mikroskopem.

1 Úvod

Světlo si lze představit jako proud fotonů nebo jako elektromagnetické vlnění, skládající se z elektrické a magnetické složky. Toto vlnění se ohýbá na objektech o velikosti srovnatelné s vlnovou délkou světla. Jednotlivé vlny mezi sebou interferují a vytvářejí tak zajímavé obrazce. Tento jev dokážeme použít i naopak a na základě pozorovaných obrazců zkoumat strukturu malých objektů.

2 Difrakce

Difrakce je odklon směru světla, který nelze vysvětlit lomem ani odrazem. Analyzovali jsme difrakční obrazce jednoduchých objektů - štěrbiny, drátku, kulového otvoru a různých difrakčních mřížek. Soustředili jsme se na určení period harmonických difrakčních mřížek.

2.1 Mřížková rovnice

Harmonická difrakční mřížka má pravidelnou strukturu vrypů tvořících řádky. Difrakční obrazec na stínítku závisí na vzdálenosti vrypů, které se říká perioda mřížky, a na vlnové délce dopadajícího světla. V rámci našeho miniprojektu jsme dostali šest mřížek a pomocí jejich obrazců jsme spočítali jejich periodu podle následujícího vzorce

$$\sin\Theta_m - \sin\Theta_i = m\frac{\lambda}{\Lambda},$$

ve kterém je $\sin\Theta_m$ sinus úhlu odklonu m-tého řádu od kolmice, $\sin\Theta_i$ je sinus úhlu mezi paprskem a kolmicí na mřížku. V našem případě byl tento úhel nulový, takže tento člen se rovnal nule. Na pravé straně rovnice je m řád maxima, λ vlnová délka světla a Λ je hledaná perioda mřížky.

2.2 Metoda měření pomocí laserů

Při našem pozorování jsme používali dva lasery: červený laser (Helium-neonový) s vlnovou délkou 633 nm a zelený laser (druhá harmonická Nd:YAGu) s vlnovou délkou 532 nm. Mřížku jsme vždy orientovali kolmo na zdroj záření. Pravítkem jsme měřili vzdálenosti

mezi mřížkou a difrakčním obrazcem a vzdálenosti středu difrakčního obrazce a středu maxima prvního řádu. Na základě těchto údajů jsme určili úhel Θ_m a pomocí mřížkové rovnice jsme vypočítali periody mřížek (viz Tab. 1).

2.3 Ověření na základě difrakce bílého světla

Každá část bílého světla je ohýbána pod jiným úhlem, proto pod různými úhly pozorujeme rozličné barvy. Na základě dříve zjištěných period jsme vypočítali vlnové délky světla, které uvidíme kolmo na mřížkách pro úhel dopadu bílého světla 42° (viz Tab. 1), a následně ověřili pokusem.

Číslo mřížky	Průměrná perioda [nm]	Vlnová délka [nm]	Barva
1	942	631	červená
2	784	525	zelená
3	897	601	žlutá
4	728	487	modrá
5	844	565	žlutozelená
6	668	447	modrofialová

Tab. 1: Barvy světla a periody mřížek.

3. Pozorování pomocí mikroskopů

3.1 Optický a elektronový mikroskop

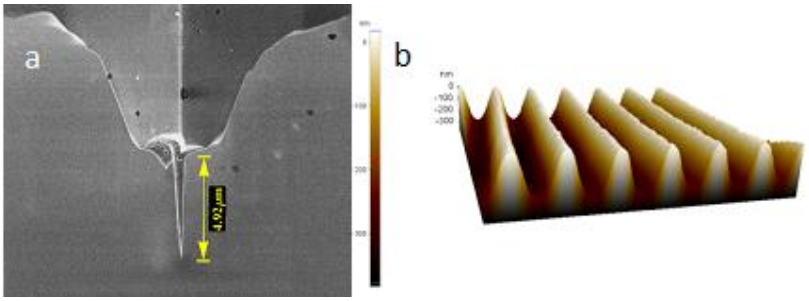
Pomocí mikroskopů můžeme pozorovat i složitější struktury. Kromě našich mřížek jsme optickými mikroskopy pozorovali i hologramy a motýlí křídla, která jsme pozorovali také pod elektronovým mikroskopem (viz Obr. 1).

Obr. 1: Difraktivní struktury: a) harmonická difrakční mřížka a b) hologram v optickém mikroskopu a c) detail motýlího křídla v elektronovém mikroskopu.

3.2 AFM mikroskop

Naše pozorování a výpočty jsme si ověřili i na AFM mikroskopu. Tento mikroskop pracuje na principu tenkého hrotu kmitajícího nad zkoumaným povrchem (viz Obr. 2 a). Špičku hrotu tvoří jediný atom, který je dostatečně citlivý na meziatomární síly, které vznikají při přibližování k látce. Posunování hrotu je zajištěno piezoelektrickými krystaly, které mění svůj objem pomocí elektrického proudu.

Podle vychýlení hrotu jsme zaznamenali povrchovou strukturu mřížky a tedy i periodu (viz Obr. 2 b).



Obr. 2: AFM mikroskop: a) hrot AFM mikroskopu (4,92 μm), b) struktura mřížky pod AFM mikroskopem

4. Získaná data

Vzdálenosti mezi vrypy mřížky, změřené různými metodami, se lišily řádově o desítky nm (viz Tab. 2). Tyto nepřesnosti byly dané obtížností určení středu maxima a dále nepřesným měřením vzdáleností u difrakčního měření a data z AFM mikroskopu byla pořízena jen s přesností na desítky nm, jelikož přístroj nebyl dostatečně kalibrován.

	Perioda [nm]		
Číslo mřížky	Červený laser	Zelený laser	AFM mikroskop
1	937	947	965
2	785	784	800
3	900	893	900
4	730	725	750
5	839	849	850
6	671	665	670

Tab. 2: Perioda mřížek změřená různými metodami

5 Shrnutí

Difrakce světla je jev, který nám umožňuje změřit strukturu jednodušších mikroskopických objektů bez použití složitějších přístrojů (např. optického, elektronového a AFM mikroskopu). Nejsložitější struktury difrakčních mřížek pozorujeme v přírodě například na křídlech některých motýlů (viz Obr. 1 c).

Poděkování

Děkujeme vedoucím projektu Ing. Milanu Květoňovi, PhD. a Ing. Jiřímu Dědičovi za teoretickou i praktickou pomoc při vypracovávání projektu i za jejich nekonečnou trpělivost. Další poděkování patří studentu FJFI Janu Patákovi za provedení měření na AFM mikroskopu a Ing. Filipu Novotnému za měření na elektronovém mikroskopu. V neposlední řadě chceme poděkovat organizátorům Týdne vědy na Jaderce za tuto skvělou a užitečnou akci.

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

Pavla Bérešová, Mendelovo gymnázium Opava
Pavla.Beresova@seznam.cz

Daniel Hnyk, 1. české gymnázium Karlovy Vary
hnykda@gmail.com

Jiří Jaskowiec, Wichterlovo gymnázium
jirijaskowiec@seznam.cz

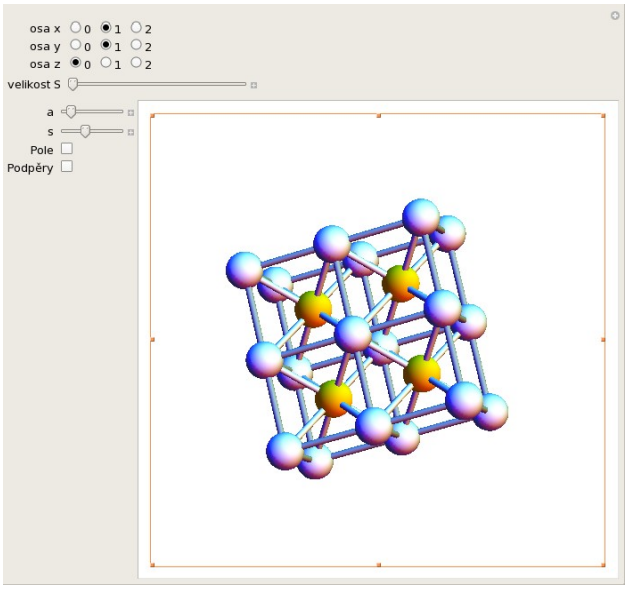
Marcel Rodák, Mendelovo gymnázium Opava
rodakm@seznam.cz

Lukáš Vacek, Gymnázium Teplice
luk6@atlas.cz

Abstrakt:
Cílem projektu bylo získat empirické zkušenosti a prohloubit tak naše znalosti v oboru algebraických systémů, ale také zlepšení programátorských dovedností samotných. Náš cíl se povedl a dokázali jsme vytvořit několik algebraických řešení založených na fyzikálních a matematických problémech.

Úvod

Pro prozkoumávání dané problematiky nám byly poskytnuty počítače s operačním systémem Linux s nainstalovaným programem Wolfram Mathematica v 8.04, tedy v jeho současně nejaktuálnější verzi. Zadali jsme si různé fyzikální a matematické příklady, které jsme se snažili vyřešit.



CAS

Pod zkratkou CAS (Computer Algebra System), je rozuměna široká škála programů, které řeší algebraické příklady. Mívají povětšinou vlastní programovací jazyky. Dnes se vyskytuje na počítačích, kalkulačkách i ve smartphonech. Uživatel ocení například funkci pro vykreslovaní grafů ve 2D i 3D, řešení složitých rovnic

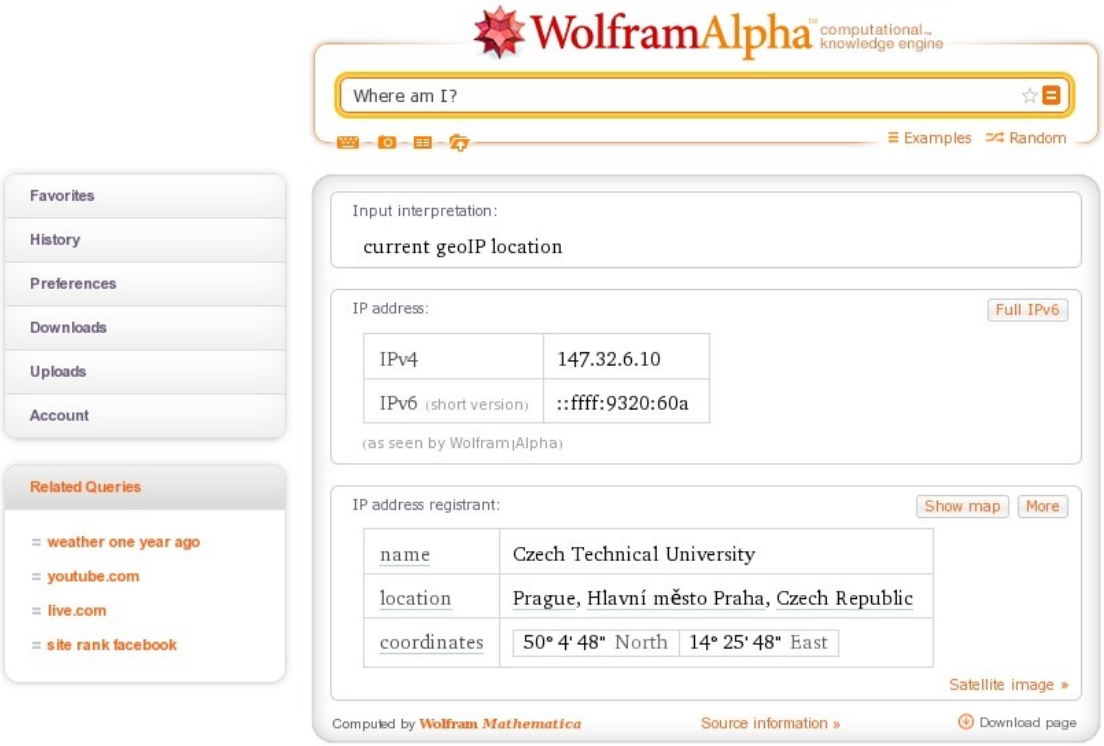
a rovnic s parametrem. Mezi programy CAS řadíme Wolfram Mathematica, Maxima a Microsoft Mathematics. Jako typická ukázka programu pro numerické počty je Matlab.

Microsoft Mathematics

Jednoduchá aplikace, uživatelsky přívětivá. Není vyžadováno programování, ochudí nás ale o některé zajímavé funkce. Microsoft ji vyvíjí hlavně za účelem velkého zjednodušení a snaží se nalákat i zajímavým interfacem Ribbon. Je zdarma.

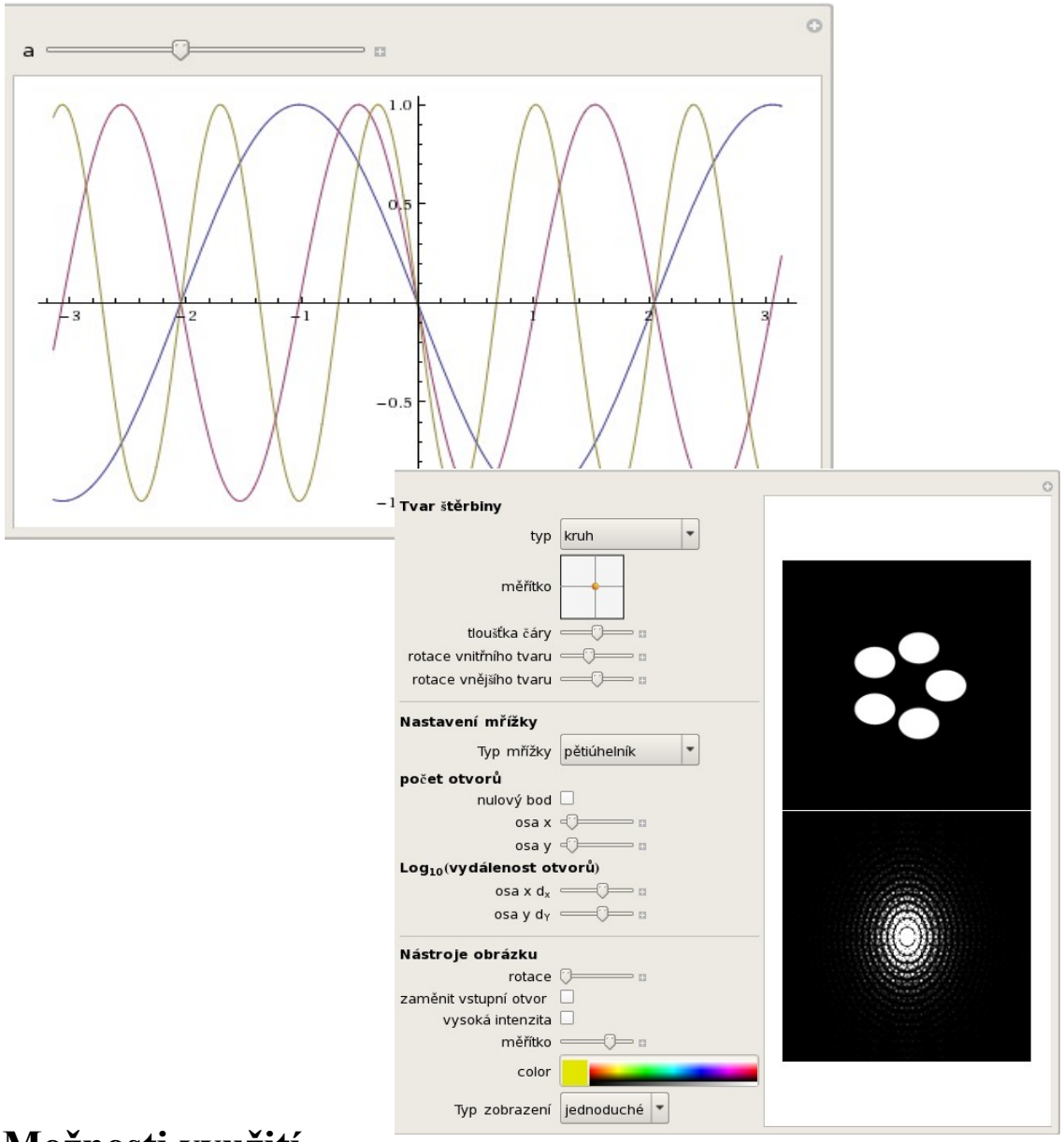
WolframAlpha

WolframAlpha je webový nástroj, který se snaží odpovídat na přímé dotazy. Program pracuje na základě programu Mathematica, tedy rovněž práce s algebraickými systémy. Po předložení požadavku vyhledá všechny podstatné informace. Služba je v základu ještě zdarma, ale pokud budete zadávat časově náročnější úlohy a nebo očekáváte funkce programu Mathematica, budete si muset zakoupit rozšíření. Neslouží však pouze k výpočtům a vykreslování grafů, ale slouží i k praktickým otázkám. V porovnání s Wolfram Mathematicou je graficky přehlednější a nevyžaduje znalost programování.



Mathematica

Mathematica byla vytvořena Stephenem Wolframem v roce 1988 a následně vylepšována týmem matematiků a programátorů pod jeho vedením. Zadávat můžeme ve 3 formách: v programovacím jazyku programu Mathematica; Free-form imput, který pošle zadání na serverový počítač Wolframu a vyřeší ho vzdáleně, příkaz nemusí být v programovacím jazyku Mathematici; WolframAlpha query, který předá požadavek webové aplikaci WolframAlpha a zobrazí výsledek z ní, navíc oproti Free-form imputu umí odpovídat na praktické otázky.



Možnosti využití

Daný miniprojekt nám dal cenné zkušenosti v programu Mathematica, které můžeme využít nejen v dalším studiu, ale i při řešení dalších matematických a fyzikálních problémů.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat zejména našemu supervizorovi Dr. Ing. Milanu Šiňorovi za vlídný a přátelský přístup, Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci a vlastně celému týmu TV@FJFI za možnost zapojit se do této akce.

Reference:

[1] Wolfram, S.: *The Mathematica Book* Wolfram Media, Inc. a The Press Syndicate of the University of Cambridge 1999 (4. vydání)

Fotorealistické vykreslování 3D scény pomocí POV-Ray

V. Hujňák[1], M. Khatskevich[2], Č. Škarda[3]
[1]Gymnázium Bučovice, [2]Gymnázium Vídeňská Brno, [3]Gymnázium Uničov

vilem@hujnak.cz, masha.khatskevich@seznam.cz, cenek.skarda@gmail.com

Abstrakt

POV-Ray je jedním z programů na fotorealistické vykreslování 3D scény, které jsou popisovány pomocí speciálního programovacího jazyka. V rámci miniprojektu jsme se seznámili s jeho základními funkcemi a úspěšně jsme vymodelovali objekty, které jsme zasadili do společné scény.

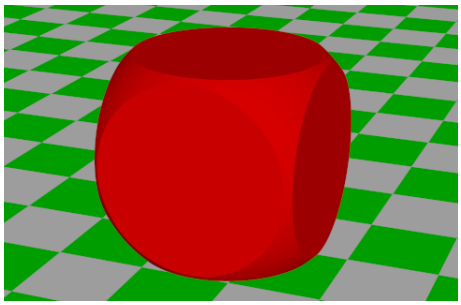
1 Úvod

Softwarový nástroj POV-Ray interpretuje popis scény ve speciálním programovacím jazyce SDL (scene description language). Pro samotné renderování 3D grafiky využívá metody sledování paprsku (raytracing). Jazyk umožňuje definovat geometrická primitiva, která lze následně skládat pomocí množinových operací do složitějších objektů. Na objekty můžeme aplikovat geometrické transformace, např. otočení, posunutí, škálování. Podobně jako objekty specifikujeme vlastnosti kamery a světelných zdrojů, globální vlastnosti scény a parametry vykreslovacího algoritmu. V následujícím textu představíme základní náležitosti jednoduché scény a poté popíšeme vytvoření složitějšího celku.

2 Jednoduchá scéna

Každá scéna se skládá z kamery, objektů a zdrojů světla. Pro umísťování komponentů se využívá Kartézská soustava souřadnic. Kamery jsou definovány například pozicí a bodem ve středu zobrazovaného obrázku. Objekty mohou být z různého materiálu, který rovněž určuje vlastnosti jejich povrchu vzhledem k odrazu světla. Na povrch lze dále aplikovat barvy a textury. U zdroje světla specifikujeme polohu, barvu, typ a způsob, jakým intenzita světla klesá s rostoucí vzdáleností. Následující ukázkový kód vykresluje průnik krychle a koule. Výsledná scéna je 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 Green White } }
intersection{
    box{ -1, 1 }
    sphere{ 0, 1.375 }
    pigment{ Red } }
```



Obrázek 1: Průnik krychle a koule vygenerovaný kódem v sekci 2

3 Vlastní tvorba

Vytvořili jsme místnost se stolem a s neobvykle rozehranou šachovou partií. Každý z členů týmu zpracoval část scény jak popisuje následující text.

Šachová figurka krále (Čeněk Škarda)

Figurka se vytvořila složením několika menších celků. Korunka vznikla rozdílem válce a koule:

```
difference{

    cylinder{<0,10,0>, <0,9,0>, 0.75}
    sphere{<0,9.7,0>, 0.65}

}
```

Patka celé figurky vznikla obdobně průnikem válce a krychle:

```
intersection{

    cylinder{<0,2,0>, <0,0,0>, 2.6}
    sphere{<0,0.5,0>, 1.8}

}
```

Celek pak vznikl sjednocením patky, korunky a samostatných geometrických primitiv - koulí a komolého kužele:

```
union{  ...  }
```

Celá definice objektu byla uložena v samostatném *.inc* souboru, na který se následně odvoláváme v kódu vykreslujícím celou scénu. Barva a materiál povrchu lze nastavit buď v definici objektu, nebo při jeho vložení do scény:

```
object {kral
...
pigment{White}
material{M_Glass}
}
```

Šachovnice (Maryia Khatskevich)

Dostala jsem za úkol vytvořit šachovnici s podstavou. Nejdříve jsem vytvořila dva samostatné kvádry pro černé a bílé políčko rozlišené texturou světlého a tmavého dřeva. Tyto objekty se pomocí dvou vnořených cyklů umísťovaly do mřížky 8×8. Podstavu tvoří kvádr, od kterého je odečteno sjednocení vhodně umístěných a natočených čtyř kvádrů, čímž se docílilo zkosení stěn. Celý objekt je stejně jako král deklarovaný v samostatném *.inc* souboru.

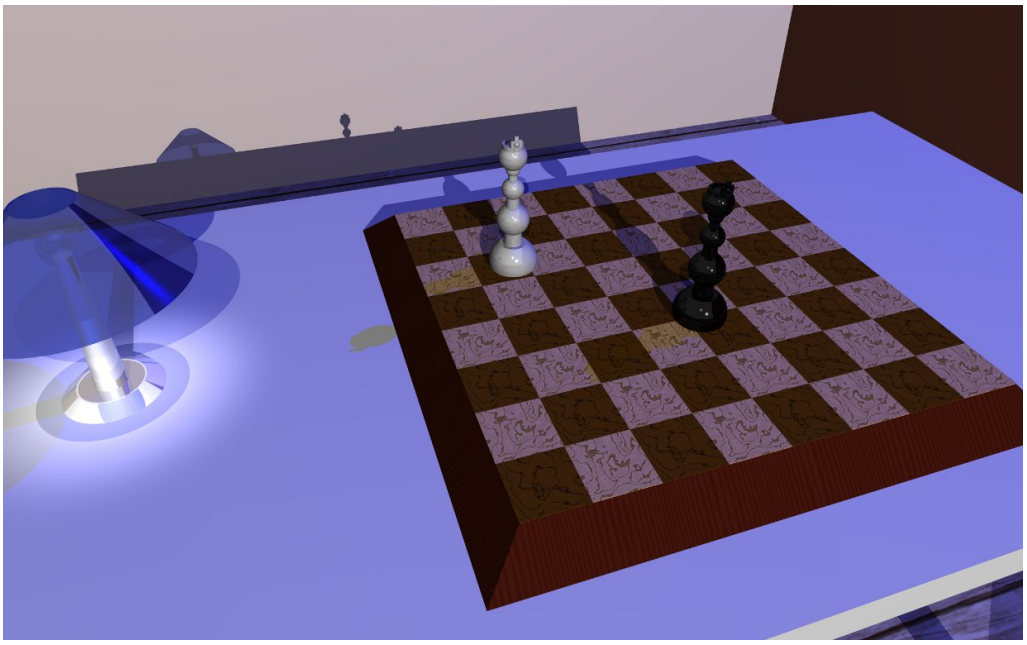
Stůl, místnost a kompletace scény (Vilém Hujňák)

Stůl je tvořen několika různě otexturovanými menšími celky , které se spojí v jeden objekt a vytváří tak výsledný tvar. Nejdříve se deklarují rozměry jednotlivých kvádrů, které tvoří desky stolu. Nohy stolu tvoří válce. Pomocí příkazu *union* se spojí všechny celky do jednoho objektu.

Zdi místnosti jsou velké kvádry s příslušnou barvou a podlaha je rovina pokrytá texturou ze souboru. Pomocí souřadnic se musí správně nastavit umístění a velikost zdí. Do místnosti byla přidána šachovnice s figurkami a lampou převzatou z [5].

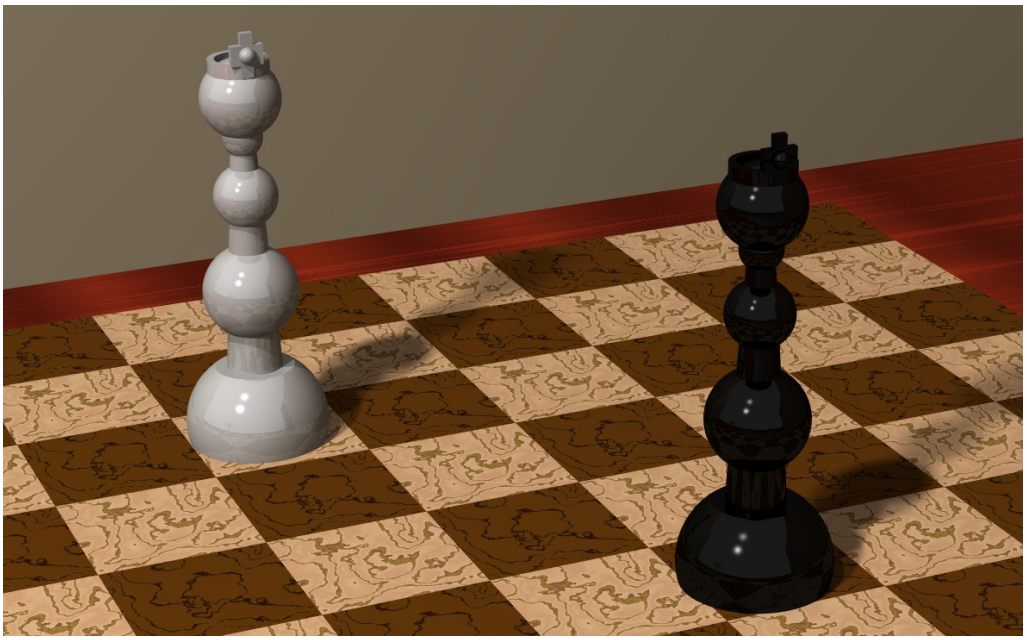
Výsledky

Vykreslení scény s různým nastavením kamery a světel jsou vyobrazena na obrázcích 2-4.



Obrázek 2: Scéna s bodovými světly a ostrými stíny

Obrázek 3: Scéna s plošnými zdroji světla a řešením šíření světla pomocí radiozity



Obrázek 4: Detail na šachové figurky

4 Závěr

Seznámili jsme se s programovacím jazykem SDL, programem POV-Ray a vytvořili jsme 3D scénu. Jazyk je snadný na naučení a je především matematického rázu. Na rozdíl od klasické výuky jsme si vyzkoušeli geometrické transformace s prostorovými objekty v praxi.

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

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]

[5] J. Berka: Zápočtový úkol z předmětu Počítačová grafika II, FJFI ČVUT, Praha, 2010.

Počítačové simulace fyzikálních problému – TASEP

Jakub Doležal[1], Jakub Kantner[2], Tomáš Zahradník[3]

[1]Gymnázium Špitálská Praha, [2]Gymnázium Českolipská Praha, [3]Gymnázium Oty Pavla Praha

[1]janjansen@centrum.cz, [2]jkant@seznam.cz , [3]tom.zahrada@seznam.cz[3]

Abstrakt

Totálně asymetrický jednoduchý exkluzivní proces je mnohočásticových systém, jehož pravidlo pro vývoj stavu systému není dán deterministicky, ale stochasticky. Každá částice si může náhodně vybrat pohyb ze dvou na sebe kolmých směrů a následně, zda provede krok v daném směru s pravděpodobností *p*, přičemž pohyb dvou částic do stejného bodu mřížky, je zakázán stejně jako pohyb částice do obsazené pozice. Z počátečního hustého shluku se částice vyvinou do kometového tvaru s hustým jádrem a dlouhým řídkým chvostem. Ze simulací bylo zjištěno, že nejpomalejší částice byly umístěny uvnitř shluku v počátečním stavu. Srovnáním náhodného a paralelního pohybu jsme zjistili, že pole rozložení rychlostí částic je kvalitativně shodné avšak kvantitativně se liší.

1 Úvod

Totálně asymetrický jednoduchý exkluzivní proces je model zjednodušeného chování davu, kdy částice symbolizují členy davu. Pohyb členů davu není předem deterministicky určen, ale jednotliví členové se rozhodují podle náhodně v každém kroku vývoje. Prostor, ve kterém se částice pohybují je tvořen 2D mřížkou, kdy částice se pohybují mezi body mřížky a každý bod mřížky může být obsazen maximálně jednou částicí. V počátečním stavu systému jsou částice rozmístěny tak, že tvoří čtverec nebo kruh. Dynamika je ovlivňována jediným parametrem *p* , který určuje pravděpodobnost, že se částice pokusí vykonat pohyb dopředu ve směru, který si před tím náhodně zvolila s jedním ze dvou navzájem kolmých směrů. Tento model byl naprogramován v jazyce C++, využívá knihovny *Zarja* a *Asep simulation library*, které jsou volně přístupné na stránkách sourceforge.net.

2 Teorie

2.1 Náhodné vývojové pravidlo

Při náhodném vývojovém pravidle se vždy náhodně vybere jedna částice (A) v mřížce, která si náhodně vybere jedno ze dvou možností směru svého pohybu a následně si náhodně s pravděpodobností *p* vybere, jestli pohyb uskuteční. Pak nastanou dvě možnosti. Jestliže se ve vybraném směru nachází jiná částice (B), částice (A) zůstane na svém místě. Pokud se však v daném směru nenachází jiná částice (B), částice (A) se přesune. Program v dalším kroku náhodně vybere další částici.

2.2 Paralelní vývojové pravidlo

Paralelní vývojové pravidlo se od náhodného vývojového pravidla liší tím, že všechny částice se v jeden okamžik pokouší vykonat krok, přičemž každá částice provádí stejné náhodné rozhodování jako částice při náhodném vývojovém pravidle. A tím může dojít k případu, kdy dvě částice směřují do jednoho bodu mřížky, a pohyb obou částic v tomto případě je zakázán.

2.3 Sekvenční vývojové pravidlo

Sekvenční vývojové pravidlo má stejný princip jako paralelní vývojové pravidlo a všechny částice se v jednom čase pokouší provést krok. Odlišnost spočívá v tom, že když částice směřuje do bodu mřížky, tak pohyb této částice je povolen v případě, kdy bod mřížky je buď volný a pokud je obsazen, tak zde umístěná částice ho v daném kroku opustí.

2.5 Procedura rozhodování

Procedura všech výše zmíněných vývojových pravidel může být formalizována do jednoduchého schématu postupných kroků, které lze zapsat:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E,$$

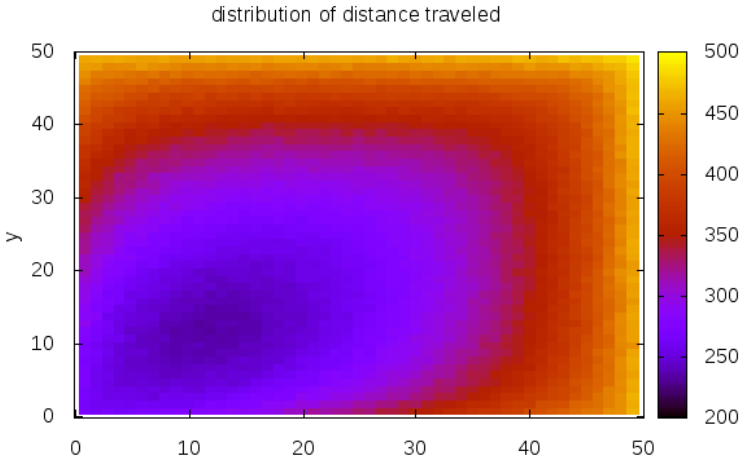
kde A je výběr částice, B je výběr směru v 2D mřížce, kterým se částice zamýšlí pohybovat, C je označení pro krok, ve kterém se částice rozhoduje, zda se pokusí pohnout zvoleným směrem, v kroku D částice kontroluje, zda v daném směru není jiná částice a pokud je, tak svůj pohyb odmítne. Během E částice kontroluje, zda si jiná částice nevybrala stejné pozici k přemístění. V případě, že tomu tak není, částice se konečně pohne vybraným směrem, v případě že dvě částice, chtějí jít na stejné místo, nepůjde ani jedna z nich.

3 Simulace

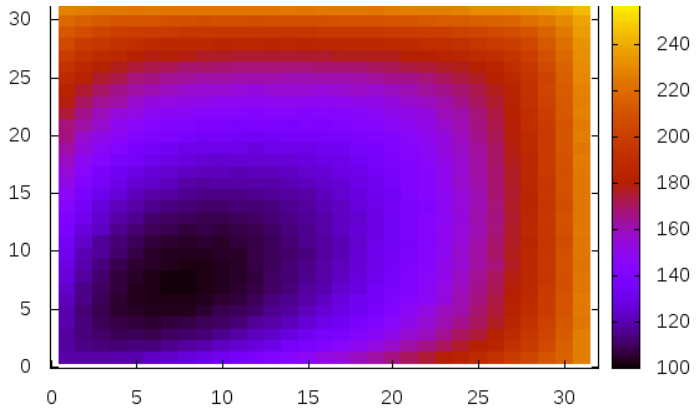
Pro naši simulaci jsme si zvolili 2D model s paralelním vývojovým pravidlem a počtem částic 1024. Čtvercová mřížka měla velikost 300x300 jednotek vzdáleností. Při vývoji systému se původní hustý útvar tvořený částicemi rozepne do prostoru a tím se sníží pravděpodobnost nalezení jakékoli částice v daném bodě mřížky (viz obr. 3). Důvodem toho poklesu pravděpodobnosti je zvětšení dostupného prostoru, do kterého se částice mohou dostat. Obrázky 1 a 2 nám ukazují, jakou průměrnou vzdálenost jednotlivé částice za celou simulaci urazí pro případ náhodného a paralelního vývojového pravidla. Kvalitativní rozložení vzdáleností uražených částicemi pro čtvercové shluky jsou pro paralelní a náhodné výběrové pravidlo kvalitativně podobné s minimem pro částice, které byli na počátku simulace uvnitř shluku.

Pomocí vizuálního nástroje napsaného v jazyce C++, který je také volně dostupný na stránce sourceforge.net, jménem QTASEP jsme sledovali celý průběh simulace a porovnávali

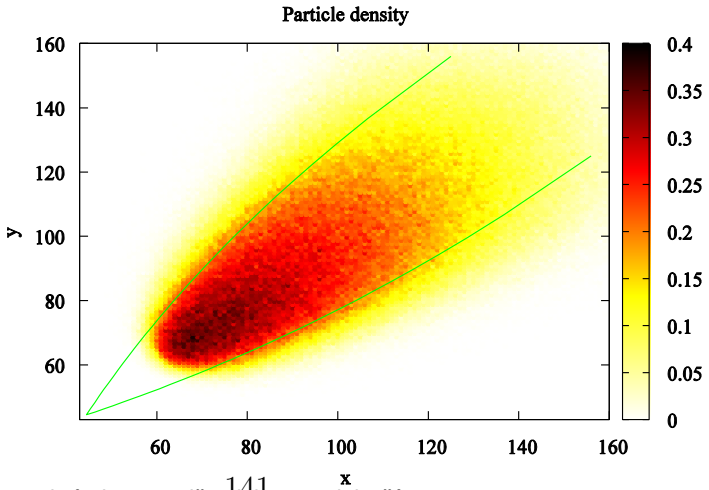
tvar shluku částic v závislosti na počátečním tvaru shluku - čtverec (obr. 4) a kruh (obr. 5). V obou případech měl shluk částic podobný kometovitý tvar, který byl pro oba případy podobný. Obrázek 6 ukazuje relativní odchylku uražené vzdálenosti částic, kdy pozorujeme maxima pro částice, které jsou na bližší straně počátečního čtverce z pohledu směru vývoje shluku. Pozorujeme dvě minima, kdy jedno je pro částice, které jsou v předu ve směru pohybu a druhé je pro částice, jenž jsou v blízkosti částic s nejmenší uraženou vzdáleností. (viz. obrázek 1 a 2).



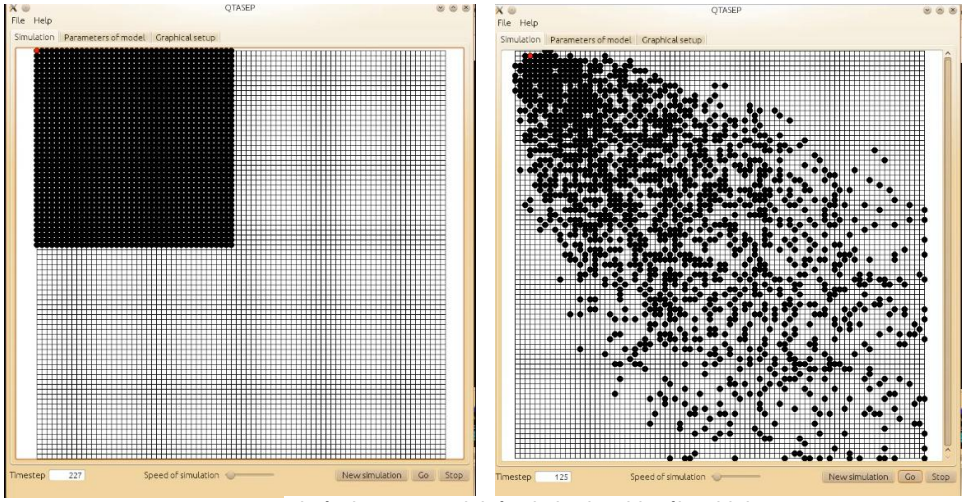
Obrázek 1: Vzdálenost částic náhodného pohybu



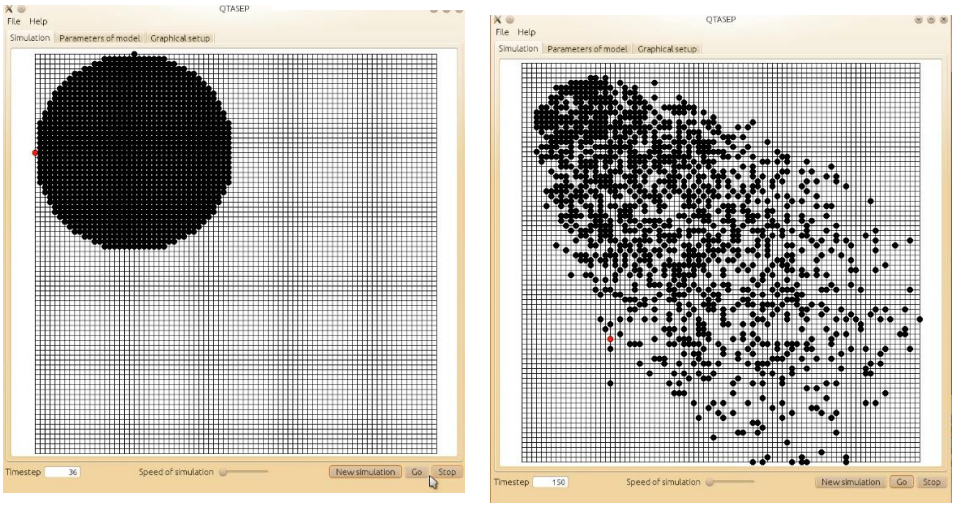
Obrázek 2 Vzdálenost částic paralelního pohybu



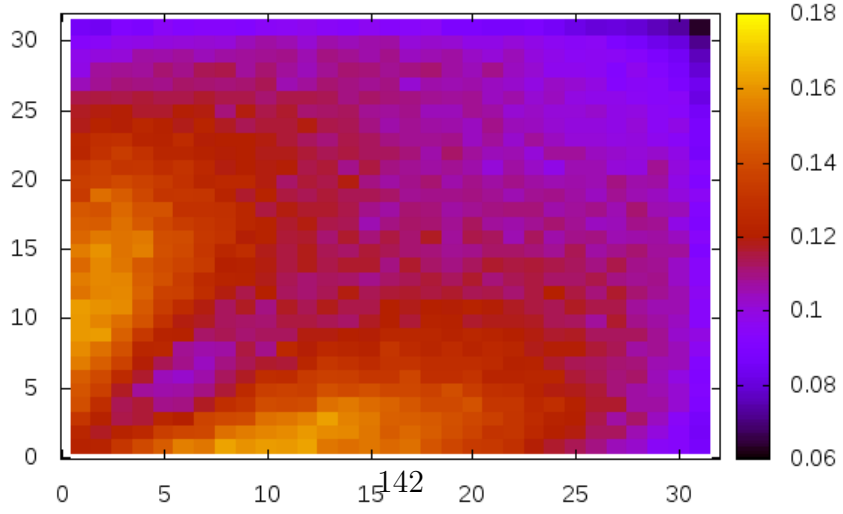
Obrázek 3: pravděpodobnost polohy částic



Obrázek 4: 2D paralelní pohyb z krychlového shluku



Obrázek 5: 2D paralelní pohyb z kulového shluku



Obrázek 6: Relativní odchylka uražené vzdálenosti

Závěr

Provedli jsme simulace totálně asymetrického exkluzivního procesu a zjistili jsme, že maximum uražené vzdálenosti i minimum uražené vzdálenosti jsou nezávislé na vývojovém pravidle. Maximum je na špičce čtverce ve směru pohybu a minimum je v počátečním shluku. Po začátku pohybu se pomalu začne tvořit kometovitý tvar a jeho vznik není příliš závislý na počátečním rozložení a také nezávisí na vývojovém pravidle.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Hynkovi Lavičkovi za uvedení do problematiky simulací fyzikálním problémů. Neméně děkujeme panu Ing. Vojtovi Svobodovi za realizaci Týdne vědy na Jaderce a Fakultě jaderného a fyzikálního inženýrství za poskytnutí zázemí pro tuto akci.

Reference

[1] TASEP on 2D lattice: Formation of spatial crowd structures, Hynek Lavička a spol., 18. 3. 2012

Seznamte se s polarizací!

Petr Vaněk, Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec, petrr.vanekk@gmail.com;
Ondřej Zeman, Gymnázium Děčín, ondrejzeman@nazivofest.cz;
Hana Nováková, Masarykovo gymnázium Příbor, hana.novakova@gypri.cz

Abstrakt:

Zabývali jsme se polarizací světla a jeho využitím v praxi. Experimentálně jsme ověřili Malusův zákon, Brewsterův úhel, interferenci rovnoběžně polarizovaného světla a rotační polarizaci.

1 Úvod

S polarizovaným světlem se běžně setkáváme v každodenním životě. Možná se při dívání na 3D film zamýšlíte nad funkčností tohoto prostorového obrazu. Věřte, že vše je založeno na polarizovaném světle, které je poskládáno pomocí speciálních brýlí. Další využití najdeme u chromatografie hospodářských plodin nebo u konstrukce LCD televizorů. Také sluneční brýle, bez kterých bychom se téměř neobešli, jsou založeny na polarizovaných sklech.

Cílem naše miniprojektu bylo dokázat Malusův zákon a najít Brewsterův úhel černého zrcadla.

2 Teorie a měření

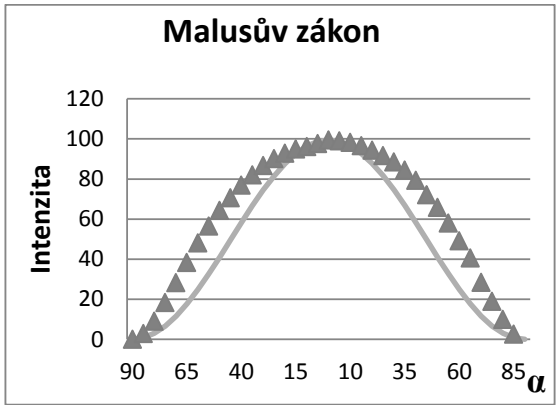
2.1 Malusův zákon

Necháme-li procházet lineárně polarizované světlo optickým prvkem, který je schopen sám polarizovat, zjistíme, že intenzita prošlého světla je závislá na vzájemné úhlové poloze polarizační roviny světelného svazku a polarizátoru, jímž tento svazek prochází. Polarizátor může totiž propustit jen složku, spadající do jeho polarizační roviny. Intenzita prošlého světla I' se mění podle Malusova zákona

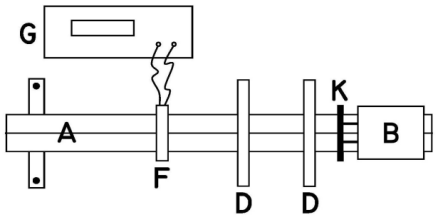
$$I' = I\cos 2\alpha$$

kde I je intenzita polarizovaného světla dopadajícího na polarizátor a φ je úhel sevřený polarizačními rovinami paprsku a polarizátoru.

Platnost Malusova zákona můžete vidět v grafu 1, který jsme sestrojili na základě našeho měření. Naše výsledky (body) můžete porovnat s teoretickým předpokladem (spojnice). Schéma měřicí aparatuty naleznete na obrázku 1.



graf 1



obr. 1

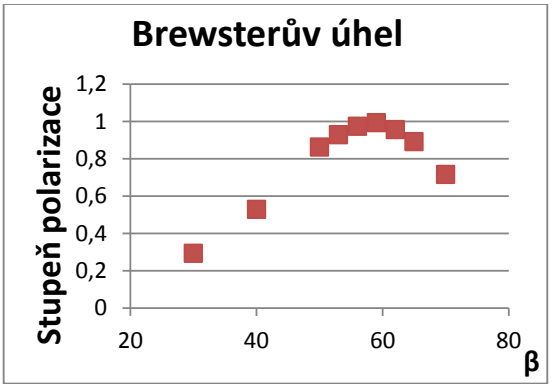
Schéma: Uspořádání při měření Malusova zákona: F – fotočlánek, A – optická lavice, B – světelný zdroj, D – polarizační filtr, K – matnice, G - multimetr

2.2 Brewsterův úhel

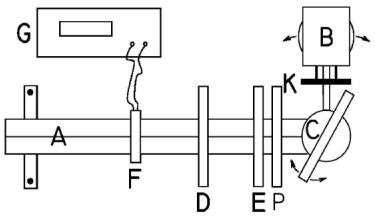
Dopadá-li světlo na skleněnou desku, část světla se odrazí a část láme do prostředí s jiným indexem lomu. Odražený paprsek je částečně lineárně polarizovaný a jeho vektor intenzity elektrického pole bude kmitat v rovině kolmé na rovinu dopadu (= bude kmitat v přímce rovnoběžné s rovinou rozhraní). Stupeň této polarizace závisí na úhlu, který svírá dopadající paprsek s rovinou zrcadla. Optimální hodnota tohoto úhlu je dána Brewsterovým zákonem, který říká, že paprsky odražené a lámající se na rozhraní musí být na sebe kolmé. Jsou-li indexy lomu pro daná prostředí *n1* a *n2*, platí pro Brewsterův úhel α vztah

$$\frac{n2}{n1} = \frac{sin\theta}{\sin(90° - \theta)} = tg\theta$$

Výsledek našeho měření můžete vidět na grafu 2. Hodnota Brewsterova úhlu pro černé zrcadlo je zhruba 59°, tudíž náš teoretický předpoklad Brewsterova úhlu 58° byl potvrzen. Schéma měřicí přístroje naleznete na obrázku 2.



graf 2



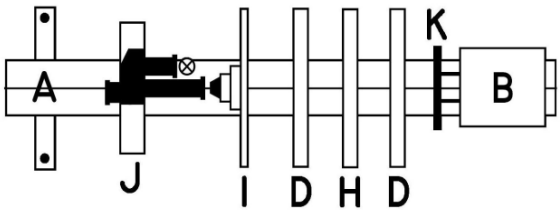
obr. 2

Schéma: Uspořádání k měření Brewsterova úhlu. B – zdroj světla, C – zrcadlo, P – irisová clona, E – čtvrtvlnová destička, D – polarizátor, F - fotočlánek

2.3 Interference polarizovaného světla

Některé krystalické látky představují pro průchod světla anizotropní prostředí, tj. jeho optické vlastnosti závisejí na směru šíření světla v krystalu. Paprsek nepolarizovaného světla, procházející takovou látkou, se rozdělí na dva paprsky, z nichž jeden (tzv. paprsek řádný) se řídí Snellovým zákonem a má konstantní index lomu n_o, druhý (tzv. paprsek mimořádný), se Snellovým zákonem neřídí a jeho index lomu n_e závisí na směru, v němž se světlo krystalem šíří. V krystalu existují směry, v nichž se indexy lomu pro oba paprsky rovnají, tedy $n_o = n_e$. Tyto směry jsou tzv. optické osy krystalů a podle jejich počtu dělíme krystaly na jednoosé (soustava čtverečná a šesterečná) a dvouosé (soustava kosočtverečná, jednoklonná a trojklonná). U dvouosých krystalů se neřídí žádný z paprsků vzniklým dvojlomem a Snellovým zákonem. Paprsky řádný a mimořádný jsou lineárně polarizovány v rovinách navzájem kolmých. Nejznámější dvojlomným materiálem je islandský vápenec a kromě něj řada dalších látek krystalizujících v soustavě čtverečné, kosočtverečné, šesterečné, jednoklonné a trojklonné. Dvojlomnými se mohou stát i některé amorfní látky (sklo, plexisklo), podrobené mechanickému namáhání (tlaku, tahu).

Pozorovali jsme interferenci lineárně polarizovaného světla. Na obrázku č. 3 je zachycena experimentální aparatura.



obr. 3

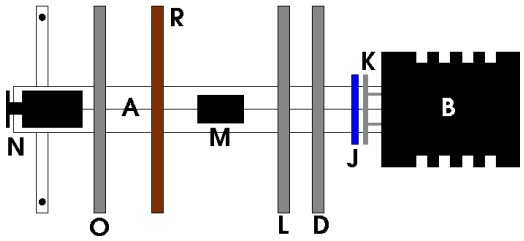
Schéma: Uspořádání k měření interference. B - zdroj světla, K – matnice, H – vzorek, D – depolarizátor, I – přímohledný spektroskop

2.4 Rotační polarizace

Některé látky (např. křemenná destička vyříznutá kolmo k optické ose, roztok třtinového cukru, kyseliny vinné atd.) mají schopnost stáčet rovinu polarizace. Mluvíme o látkách opticky činných (aktivních). Vložíme-li vzorek aktivní látky mezi zkřížený polarizátor a analyzátor, zorné pole se vyjasní. Aby světlo opět zhaslo, je nutno analyzátorem otočit o určitý úhel. Otáčíme ve směru hodinových ručiček, mluvíme o látce pravotočivé, otáčíme-li proti směru hodinových ručiček, látka je levotočivá.

Otočení je závislé na barvě světla (kratším vlnovým délkám přísluší větší otočení) a je úměrné tloušťce aktivní vrstvy. Je-li polarizované světlo bílé, jsou tedy jednotlivé barvy stáčeny různě. Mluvíme o tzv. rotační disperzi. Protože analyzátor propouští nejvíce paprsky polarizované v jeho vlastní polarizační rovině, způsobí otáčení polarizátoru i změnu barvy zorného pole. Otáčení vzorkem aktivní látky nemá na barvu zorného pole vliv na rozdíl od dvojlomnosti.

Změřili jsme měrnou otáčivost křemíku. Aparaturu jsme postavili podle obrázku č. 4. Měření bylo čisté subjektivní založené na pouhém pozorování okem. Přes vysokou relativní systematickou chybu (30% - 40%) jsme ověřili, že měrná otáčivost klesá při zvyšující se vlnové délce. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 1.



obr. 4

Schéma: Uspořádání k měření optické aktivity křemíku. B – zdroj světla, K – matnice, J – barevný filtr, D – polarizátor, L – poloviční polarizační filtr, M – spojka, R – vzorek, O – přesný polarizační filtr, N – dalekohled

vlnová délka [nm]	491	510	590	630
měrná otáčivost křemíku [°]	29	24,6	18,4	13,4

tabulka 1

3 Shrnutí

Dokázali jsme platnost Malusova zákona. Určili jsme Brewsterův úhel pro černé zrcadlo 59°. Pozorovali jsme interferenci rovnoběžného lineárně polarizovaného světla. Určili jsme měrnou optickou aktivitu křemíku. Všechna naše měření jsou v dobré shodě s teoretickými předpoklady.

Poděkování

V první řadě bychom chtěli poděkovat paní Ing. Olze Hájkové za její vstřícnost a obětavost. Na každou naši otázku znala odpověď a vždy ráda pomohla v našich nesnázích. Dále bychom chtěli poděkovat panu Ing. Svobodovi za jeho poutavé přednášky a iniciativu v organizování Týdne vědy. V neposlední řadě patří velký dík fakultě FJFI ČVUT, že nám umožnila zúčastnit se na této ojedinělé akci, která nemá v České republice obdoby.

Reference:

[1] FRIŠ, TIMOREVA: *Kurs fyziky, díl III, kap. 24,* NČSAV, Praha, 1954.

[2] PETRŽÍLKA: *Fyzikální optika,* Přírodovědné nakladatelství, Praha, 1952, str. 118 až 187.

[3] BROŽ: *Základy fyzikálních měření I,* SPN, Praha, 1983, str. 556 až 568.

[4] http://praktikum.fjfi.cvut.cz/polarizace[19.6.2012]

Strukturní analýza proteinů pomocí rentgenové difrakce

J. Česal*, M. Rozehnalová**, J. Zemánková**
*SPŠ Otrokovice; **Gymnázium, Brno-Řečkovice, Terezy Novákové 2
jancesal@seznam.cz

Abstrakt

Mezi základní složky v živé přírodě patří proteiny, a proto je dobré znát jejich prostorovou strukturu. Určováním struktury biologických makromolekul se zabývá proteinová krystalografie. V experimentu byly vypěstovány krystaly D-xylosa ketol-izomeráza. Následně byly vzorky zmraženy v kapalném dusíku a změřena rentgenová difrakce. Z difrakčních dat získaných u krystalu lysozymu byla určena struktura tohoto proteinu metodou molekulárního nahrazení. To pomohlo autorům se seznámením se se základním postupem a problémy proteinové krystalografie.

1 Úvod

Proteiny jsou jedny ze základních látek v živých organismech. Jsou důležité svými funkcemi, jako je například trasport látek, řízení chemických reakcí, komunikace buněk a stavba tkání pletiv. Proteiny jsou makromolekuly tvořené řetězcem aminiokyselin. Pořadí aminokyselin určuje primární strukturu proteinu. Pro znalost funkce proteinu je potřeba znát i vyšší struktury. Jednou z metod jejich zjišťování je proteinová krystalografie.

Námi sledovaný protein se nazývá D-xylosa ketol-izomeráza (EC 5.3.1.5.) vyprodukovaný firmou Hampton Research. Enzym katalyzuje přeměnu glukózy na fruktózu. Metodou visící kapky byly získány krystaly sledovaného proteinu a následně byly změřeny rentgenovou difrakci.

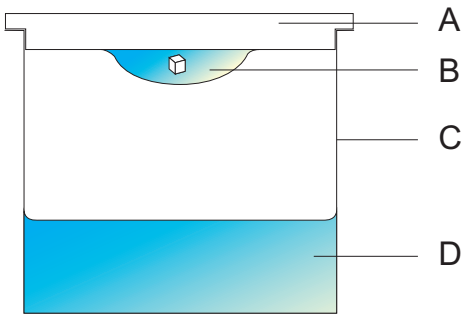
2 Příprava experimentu

Krystalizace metodou visící kapky

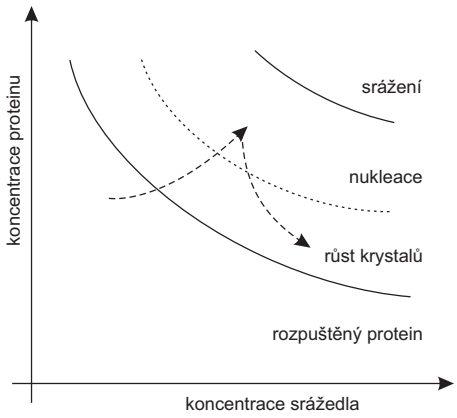
Pro krystalizaci proteinů se používají difúzní metody, jako je například metoda visící kapky. Experimentální uspořádání je zobrazeno na obr. 1. Na základě vyrovnání parciálních tlaků dochází k vyrovnání koncentrace sráželedel prostřednictvím difúze vody z kapky do rezervoáru. Tím dochází ke koncentrování proteinu v kapce a k tvorbě krystalizačních jader. Další růst krystalu probíhá v metastabilním stavu (obr. 2).

V rezervoáru byl umístěn matečný roztok o objemu 500 μl. Na víčko rezervoáru byl napipetován 1 μl matečného roztoku a 1 μl proteinu o koncetraci 33mg/ml. Složení krystalizačních podmínek je uvedeno v tabulce 1.

Byla provedena optimalizace koncentrací roztoků za cílem získat větší krystaly (obr. 3,4).



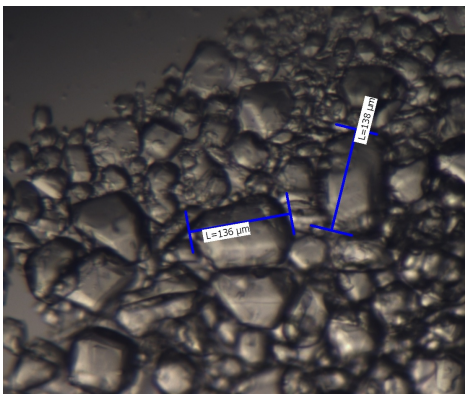
Obrázek 1: Uspořádání metody visící kapky. *A* - uzávěr; *B* - kapka krystalizační podmínky s krystalem; *C* - jamka; *D* - rezervoár s krystalizační podmínkou



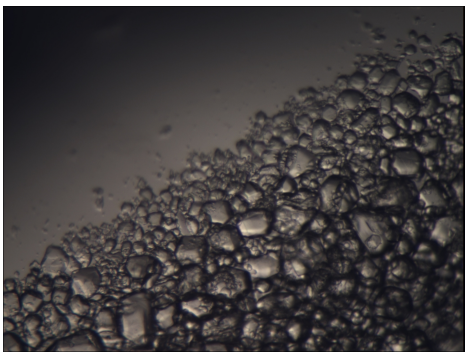
Obrázek 2: Fázový diagram krystalizace proteinu

Tabulka 1: Krystalizační podmínky použité pro krystalizaci D-xylosa ketol-izomerázy

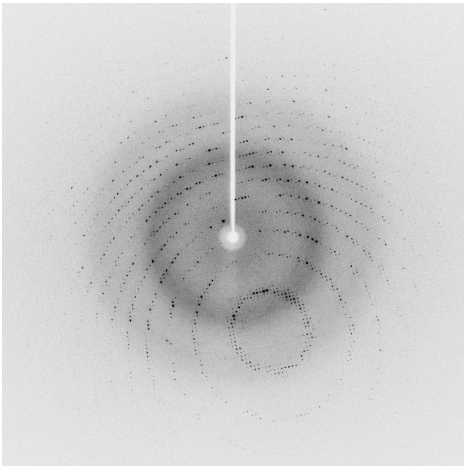
označení	sůl	pufr	polymer
1	2M síran amonný	-	-
2	0,6M síran amonný	0,1M Tris pH 7.6	15% polyetylen glykol 4000
3	1M mravenčan sodný	-	-



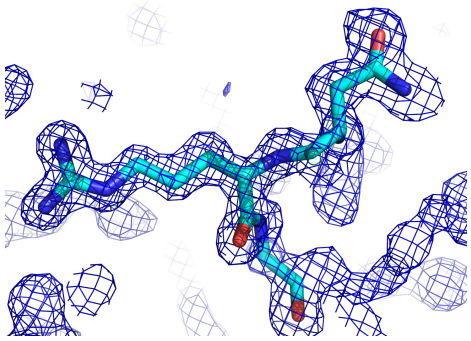
Obrázek 3: Krystaly z podmínky 0,6M síran amonný, koncentrace proteinu 15mg/ml



Obrázek 4: Krystaly z podmínky 0,3M síran amonný, koncentrace proteinu 15mg/ml.



Obrázek 5: Difrakční obrazec z krystalu lysozymu



Obrázek 6: Arginin 145 v mapě elektronové hustoty

Příprava vzorků

Pro omezení radiačního poškození experiment probíhal při teplotě 120K. Objem vody v krystalu při změně skupenství z kapalného na hexagonální led vzrůstá, což může vést k poškození krystalu. Tomuto poškození je možno zamezit přídavkem kryoprotektantů např. glycerol. Krystaly jsou pomocí nylonové smyčky vyloveny z krystalizační kapky, několik vteřin máčeny v roztoku kryoprotektantu, opět vyloveny a prudce zmrazeny v kapalném dusíku.

3 Experiment

Měření difrakčních dat

Při interakci rentgenového záření s krystalem dochází k rozptylu na jednotlivých elektronech. Směry, ve kterých nalezneme difrakční maxima popisuje Braggova rovnice:

$$2d \sin \theta = n\lambda,$$

kde d je mezirovinová vzdálenost, θ je rozptylový úhel, n je násobnost reflexe a λ je vlnová délka použitého záření. Výsledný difrakční obrazec se skládá ze skupiny difrakčních maxim (obr. 5).

Měření probíhalo ve Fyzikálním ústavu AV ČR na čtyřkruhovém difraktometru GEMINI, zdrojem záření byla rentgenová lampa s měděnou anodou, speciální optikou a kolimátorem. Rozptýlené záření bylo detekováno plošným CCD detektorem Atlas.

Rentgenová difrakce byla měřena na 4 vypěstovaných krystalech s použitím rentgenového záření z molybdenové anody ($\lambda = 7,0930\,\text{Å}$). Bylo měřeno několik difrakčních maxim přibližně o hodnotě 3 Å. Tato data jsou pro vyhodnocení nepoužitelná.

Zpracování dat

Pro ilustraci řešení struktury byla použita dříve naměřená data krystalu lysozymu. Data byla měřena na synchrotonu BESSY II, svazek 14.1 v Berlíně. Bylo naměřeno 260 snímků v rozlišení $1,3\,\text{Å}$ (obr. 5).

Pomocí programu HKL 2000 byla na snímcích nalezena difrakční maxima, kterým byly přiřazeny difrakční indexy *hkl*. Následně byla určena vnitřní symetrie P4 (tetragonalní symetrie) a data byla zintegrována. Měřením difrakce lze určit pouze intenzitu záření, nikoliv jeho fáze. Pro řešení fázového problému byla použita metoda molekulárního nahrazení, která využívá znalosti již známých struktur. Tímto postupem byla získána mapa elektronové hustoty. Do mapy lze umístit model proteinu. Na obrázku č. 6 je příklad umístění argininu 145 v molekule lysozymu do mapy elektronové hustoty.

4 Shrnutí

V průběhu Týdne vědy na Jaderce byly vypěstovány krystaly D-xylosy ketol-izomerázy, které byly následně připraveny pro rentgenovou difrakci. Krystaly byly testovány na zdroji s molybdenovou anodou, a proto byla získána pouze slabá difrakční data. Dále byla určena struktura lysozymu z dříve naměřených dat. Struktura byla vyřešena úspěšně, avšak vyžaduje další upřesnění modelu.

Poděkování

Experiment byl prováděn na Ústavu makromolekulární chemie a na Fyzikálním ústavu AV ČR v.v.i., kterým patří poděkování za možnost seznámit se s danou problematikou a provedení experimentu. Poděkování dále patří Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za organizaci Týdne vědy a především Ing. Janu Stránskému za vstřícný přístup, trpělivost a cenné rady při vypracovávání této práce.

Reference

[1] ALBERTS, Bruce, Dennis BRAY, Alexander JOHNSON, Julian LEWIS, Martin RAFF, Keith ROBERTS a Peter WALTER. *Základy buněčné biologie: Úvod do molekulární biologie buňky.* Ústí nad Labem: Espero Publishing, 1998, 630 s. ISBN 80-902-9060-4.

[2] DRENTH, Jan. *Principles of protein X-ray crystallography.* New York: Springer-Verlag, c1994, xiii, 305 p. ISBN 35-409-4091-X.

[3] STRÁNSKÝ, Jan. *Krystalový polymorfismus rostlinné nukleázy.* Diplomová práce. Praha, 2012.

Práce v radiochemické laboratoři – Ověření radioaktivních přeměn

Anna Hrubá, Gymnázium Bučovice, hruba-anna@seznam.cz
Pavel Suk, Gymnázium Pelhřimov, xpasukx@gmail.com
Ondřej Fedor, Gymnázium Chomutov, fedorondra@seznam.cz

Abstrakt:
Demonstrace funkce a použití radionuklidového generátoru a základních kinetických zákonů spontánních radioaktivních přeměn u prvků s krátkým poločasem rozpadu.

1 Úvod

Radioaktivní přeměny jsou změny, které probíhají v jádrech určitých prvků resp. v jádrech nestabilních nuklidů prvků, během níž jsou z jádra emitovány částice a elektromagnetické záření. Podle toho, co se z jádra během přeměny vyzařuje, rozlišujeme tyto přeměny na alfa (emitována je stabilní částice alfa, tj. jádro helia ^4_2He), beta (β^+, je-li vyzařován pozitron, β^-, je-li vyzařován elektron), neutronové záření (proud neutronů) a gama, což je typ elektromagnetického záření. Při pokusech jsme se zabývali přeměnou beta$^-$.

2 Radionuklidové generátory

Generátor krátkodobých radionuklidů je systém tvořený párem geneticky svázaných radionuklidů, z nichž požadovaný radionuklid je dceřiný nuklid s poločasem přeměny významně kratším než nuklid mateřský.

Princip použití generátoru spočívá v separaci dceřiného radionuklidu od mateřského pevně vázaného v matrici (měnič iontů, org. kapalina…). Díky krátkému poločasu dceřiného radionuklidu se radioaktivní rovnováha (často posuvná) ustavuje velmi rychle a separaci lze v krátké době opakovat.

V našem případě má mateřský nuklid mnohem delší poločas než nuklid dceřiný. Změnu aktivity mateřského radionuklidu lze v pozorovacím čase tp zanedbat (T1 >> T2, T2 < tp << T1). Platí následující vztahy (odvození viz Základy jaderné chemie, V. Majer a kol., SNTL/Alfa 1981):

$$A_2 = A_1\left(1 - e^{-\lambda_2 t}\right),$$

který po dostatečně dlouhé době $t_p > 10T_2$ přejde na vztah $A_2 = A_1$ nebo jinak

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{T_2}{T_1} = konst.$$

kde λ_1, T_1 a λ_2, T_2 jsou přeměnové konstanty resp. poločasy mateřského a dceřiného radionuklidu, N2, N1, A2, A1 jsou odpovídající počty částic resp. aktivity. To znamená, že po dostatečně dlouhé době (prakticky po nejméně 10 poločasech dceřiného nuklidu) dochází

k ustavení trvalého, na čase nezávislého stavu, tzv. trvalé radioaktivní rovnováhy, kdy je úbytek atomů dceřiného radionuklidu právě kompenzován přírůstkem z rozpadu radionuklidu mateřského.

Radionuklidový generátor ^{137m}Ba použitý v této úloze je chromatografická kolonka naplněná sorbentem na bázi ferrokyanidu draselno-nikelnatého, který specificky iontovou výměnou váže cesné ionty. Následující radioaktivní rovnováha

$$^{137}Cs\left(\beta^{-};30{,}23\ r\right)\rightarrow{}^{137m}Ba\left(\gamma;153\ s\right)$$

se ustaví velmi rychle ($10T_2$ = 25,5 min), vzniklé baryum není sorbentem zadržováno a je možné ho rychle a jednoduše vymýt např. fyziologickým roztokem (tato technika se používá k dynamickým studiím cévního systému).

3 Eluce generátoru a stanovení poločasu rozpadu ^{137m}Ba

Pomůcky:
Elační roztok NaCl (0,9%), 20 ml stříkačka, radionuklidový generátor ^{137}Cs – ^{137m}Ba, měřící souprava se studňovým detektorem NaI (Tl), olověné stínění kolonky generátoru.

Ověření zákonitostí průběhu přeměny radionuklidu ^{137m}Ba

Pracovní postup:
Po odvzdušnění kolonky generátoru protlačením elučního roztoku zdola nahoru jsme vymyli ^{137m}Ba z kolonky 5 ml fyziologického roztoku pomocí stříkačky vsazené do vstupu kolonky. S takto připraveným vzorkem jsme zahájili měření aktivity v 20 s intervalech s desetisekundovými pauzami a to na scintilačním počítači se studňovým krystalem. Měřili jsme přibližně 10 minut a z naměřených hodnot jsme sestrojili rozpadovou křivku a z grafu určili poločas přeměny ^{137m}Ba.

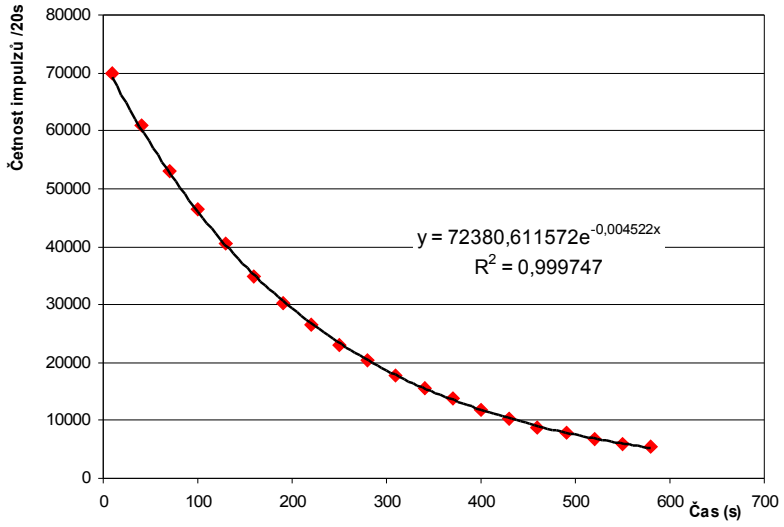
Výsledky:
Hodnoty vynesené do grafu jsme proložili exponenciální funkcí:

$$A=A_0e^{-\lambda t}$$

kde A je aktivita, A_0 je počáteční aktivita nuklidu (t=0) a t je čas. Ze vztahu jsme získali konstantu λ, kterou jsme dosadili do vztahu pro výpočet poločasu rozpadu

$$T=\frac{\ln 2}{\lambda}$$

Eluci a měření kinetiky přeměny ^{137m}Ba jsme provedli celkem třikrát s průměrnou zjištěnou hodnotou poločasu přeměny 154,1s. Nejlepší dosažený výsledek hodnoty poločasu rozpadu ^{137m}Ba 153,2 s byl prakticky shodný s tabelovanou hodnotou 153,12 s.



Obr.1: Rozpadová křivka ^{137m}Ba

Stanovení účinnosti vymývání dceřiného radionuklidu

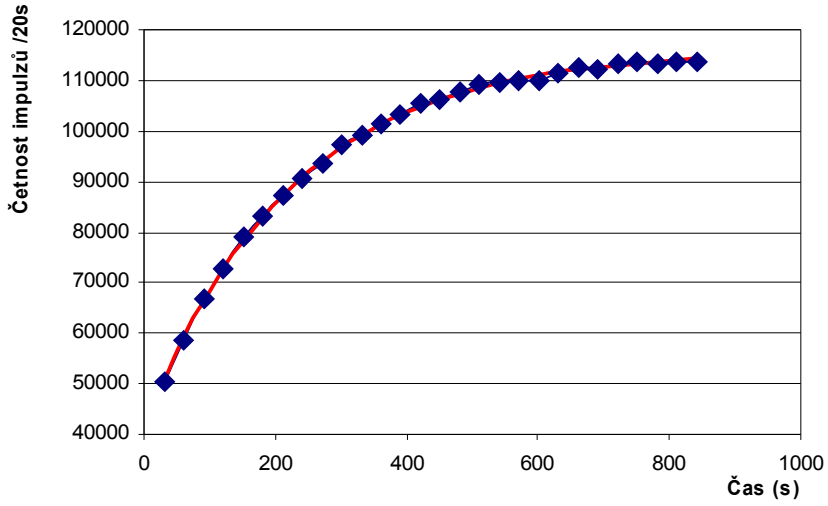
Pracovní postup:

Chromatografickou kolonku z radionuklidového generátoru jsme promyli fyziologickým roztokem stejně jako v předchozích případech, v tenkém olověném stínění ji vložili do studňového detektoru a poté jsme měřili nárůst aktivity při ustavování radioaktivní rovnováhy cca 14 minut po 20 s intervalech s 10 s pauzami. Získané hodnoty jsme vynesli do grafu, který jsme opět proložili exponenciální funkcí tentokrát ve tvaru

$$A_2 = A_1(1 - e^{-\lambda t})$$

ze které jsme určili hodnotu přeměnové konstanty λ (a z ní poločas rozpadu), počáteční aktivitu po vymytí generátoru a také aktivitu po ustavení radioaktivní rovnováhy.

Poměr počáteční a rovnovážné aktivity kolonky generátoru nám určil naši účinnost promytí kolonky.



Obr.2: Vývoj radioaktivní rovnováhy v řetězu radioaktivní přeměny

Výsledky:

Podobným způsobem jako v předchozí úloze jsme hodnoty vynesli do grafu (viz Obr.2). Počáteční aktivitu jsme určili na 41124 imp / 20s, přičemž tu maximální na 115936 imp / 20s. Dospěli jsme k hodnotě účinnosti 64,53%, což je relativně dobrý výsledek.

4 Aktivace neutrony, analýza složené rozpadové křivky

Pomůcky:

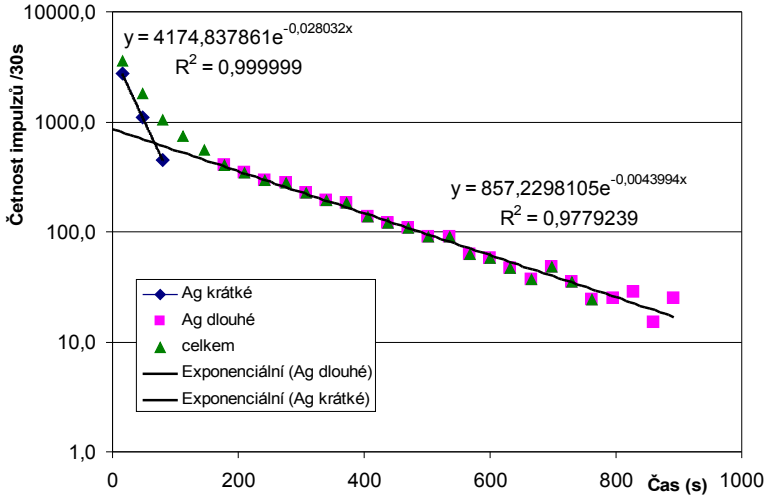
Scintilační detektor (β-plastik) připojený k jednokanálovému analyzátoru, stříbrný terčík umístěný na destičce z plexiskla, neutronový zdroj, dvoje stopky.

Pracovní postup:

Stříbrný plíšek jsme umístili s parafínovým blokem zajišťujícím zpomalení neutronů k neutronovému zdroji a ozařovali pomalými neutrony 20 min. Při ozařování probíhaly jaderné reakce za vzniku dvou nestabilních izotopů stříbra (^{108}Ag, ^{110}Ag).

$$^{107}_{47}Ag(n,\gamma)\ ^{108}_{47}Ag \qquad ^{109}_{47}Ag(n,\gamma)\ ^{110}_{47}Ag$$

Po skončení ozařování jsme přenesli co nejrychleji preparát pod měřící přístroj, který zaznamenával údaje v třicetisekundových intervalech. Ozařování a měření jsme provedli třikrát, hodnoty vynesli do grafu a zpracovali.



Obr.3: Složená rozpadová křivka stříbra

Aktivita vzniklých radioizotopů se vyznačuje složitou rozpadovou křivkou, kterou lze geometricky rozdělit na rozpadové křivky jednotlivých radioizotopů. Část křivky pod označením „Ag dlouhé“ je v semilogaritmickém měřítku přímka (jinak opět exponenciála), ze které lze rovnou vypočítat poločas rozpadu déle žijícího radioizotopu ^{108}Ag (v tomto čase se krátkožijící radioizotop již rozpadl). Dopočítáním odpovídajících četností impulsů do času t = 0 a jejich odečtením od celkové měřené četnosti impulsů jsme získali četnosti impulsů krátkodobějšího radioizotopu stříbra ^{110}Ag. Proložením těchto dat (křivka označená „Ag krátké“)jsme vypočítali poločas rozpadu tohoto radioizotopu. Analýzu složené rozpadové křivky jsme prováděli graficky, jednotlivé přímky jsme rozdělili v místě odhadu rozpadu většiny krátkodobého izotopu, což lze rozpoznat výrazným zmenšením strmosti křivky.

Z rovnic jednotlivých proložení jsme určili poločas rozpadu ^{110}Ag 24,73 s (tabelovaná hodnota 24,6 s) a ^{108}Ag 157,55 s (tabelovaná hodnota 144,6 s).

6 Shrnutí

Experimentálně zjištěné hodnoty poločasů rozpadu ať už u ^{137m}Ba nebo u radioizotopů Ag se nijak zásadně nelišily od hodnot uvedených v tabulkách, přesnost našeho měření však byla ovlivněna časovým časovou prodlevou mezi získáním radioaktivního vzorku a měřením jeho záření. Vliv na výsledné hodnoty měly i výkyvy radioaktivního pozadí v místnosti a lidský faktor při měření času.

Poděkování

Děkujeme především panu Ing. Mojmíru Němcovi za podporu a vedení při projektu, dále pak FJFI při ČVUT za organizaci TV v čele s panem Vojtěchem Svobodou.

Reference:

[1] $_{137}Ba_{56}$ - NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=56&n=81, 18.6.2012
[2] $_{110}Ag_{47}$ - NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=47&n=63, 18.6.2012
[3] $_{108}Ag_{47}$ - NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=47&n=61, 18.6.2012
[4] http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/RG_TLC.PDF, 18.6. 2012
[5] MAJER, V.: Základy jaderné chemie, Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1961, pp. 96–98
[6] http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/, 19.6.2012

Měření kosmického záření

Veronika Dočkalová, Lukáš Fusek, Michal Nožička, Artemiy Pozdnyakov

Gymnázium Elgartova Brno, Gymnázium Uherské Hradiště, Gymnázium Plzeň Mikulášské nám. 23, Gymnázium Česká Lípa

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo změřit závislost příkonu přírodního ionizujícího záření na nadmořské výšce a potvrdit teoretický předpoklad, že s rostoucí výškou nad terénem klesá příspěvek terestriální složky záření a stoupá příspěvek kosmické složky. Experiment měl být realizován prostřednictvím letu turbovrtulovým letadlem L-410 do nadmořské výšky 4000 m. Ze závažných důvodů nebyl. Proto jsme využili data z minulých měření.

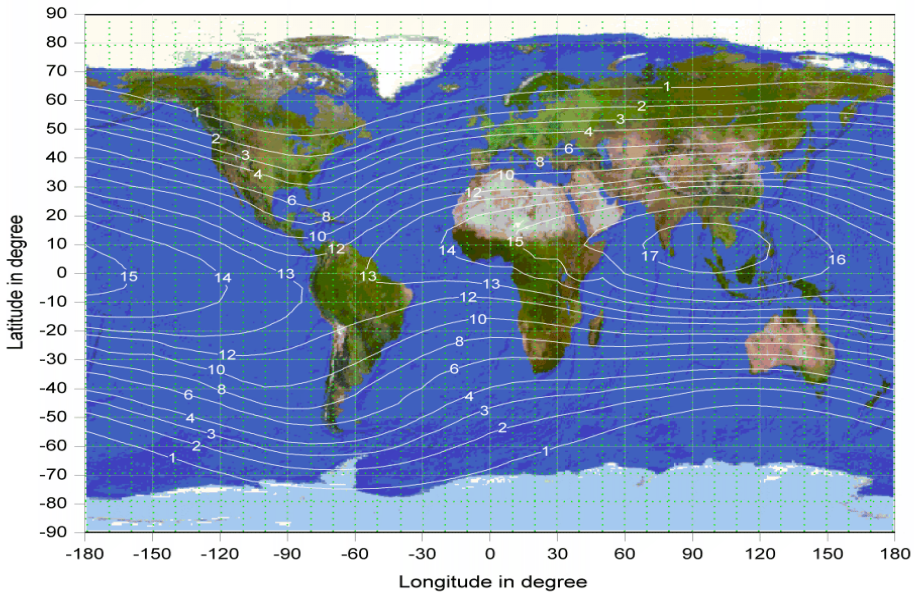
Úvod

Ionizující záření je souhrnné označení pro záření, jehož kvanta mají dostatečnou energii k ionizaci atomů ozářené látky. Může být tvořeno proudem fotonů, elektronů, protonů, neutronů, α-částic nebo iontů. Rozlišujeme dva typy ionizujícího záření – umělé a přírodní. Umělé záření vzniká činností člověka, patří sem např. terapeutická a diagnostická zařízení, urychlovače částic, jaderné zbraně, reaktory, atd.

Přírodní ionizující záření se dělí na dvě složky podle původu – terestriální a kosmické. Terestriální složka záření vzniká při rozpadu jader v zemské kůře a atmosféře. Největší podíl na přírodním ozáření v ČR má radon 222.

Kosmické záření dále rozlišujeme podle původu na solární a galaktické. Solární složka je tvořena vysokoenergetickými částicemi emitovanými Sluncem, zejména protony. Galaktické záření je tvořeno částicemi emitovanými vzdálenými hvězdami a těžkými ionty vzniklými při výbuchu supernov.

Jedním z projevů kosmického záření je polární záře. Ta vzniká v důsledku ionizace plynů atmosféry způsobené průnikem kosmického záření v oblastech s nízkou vertikální geomagnetickou rigiditou v blízkosti pólů (vertikální rigidita je veličina popisující stínící účinek magnetického pole Země). Barva polární záře je charakteristikou plynu a je způsobena deexcitací molekul daného plynu. Např. kyslík svítí zeleně, dusík fialově.

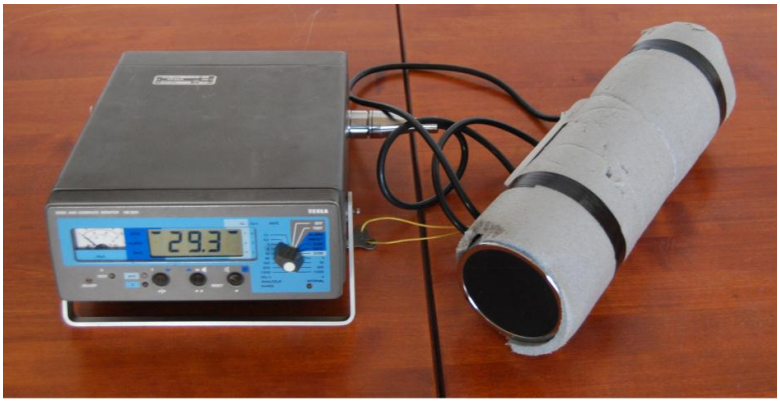


Obr.1: Vertikální rigidita

Stínící efekt atmosféry způsobuje, že v nízkých výškách dominuje terestriální složka. V určité výšce celkový příkon obou složek dosahuje minima, poté začíná převažovat kosmická složka. Jedním z cílů našeho projektu bylo určit, v jaké nadmořské výšce dosahuje tohoto minima.

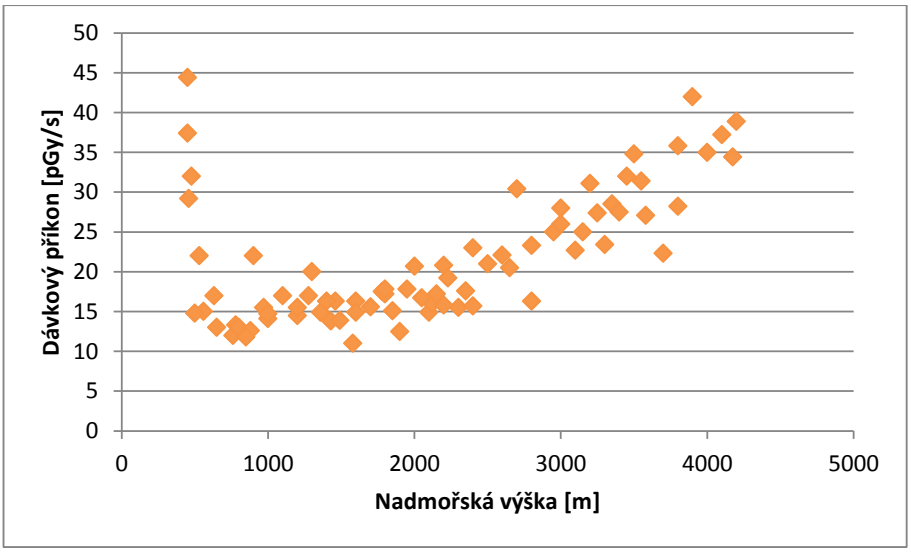
Experiment

K měření příkonu ionizujícího záření jsme měli využít scintilační detektor TESLA NB3201. Detektor se skládá ze dvou částí: scintilační sondy a vyhodnocovací jednotky. Při interakci ionizujícího záření s scintilačním materiálem sondy dochází k vytvoření kvant světla, jejichž počet je úměrný intenzitě dopadajícího záření. Kvanta světla jsou následně zpracovány fotonásobičem, který je přetransformuje na elektrické impulzy. Elektrické impulzy jsou následně zpracovány vyhodnocovací jednotkou a převedeny na hodnoty dávkového příkonu.



Obr.2: Scintilační detektor

Experiment nemohl být z provozních důvodů letiště v Příbrami realizován, proto byla použita data naměřená v minulém roce. Z těchto dat jsme sestavili následující graf:



Obr.3: Graf závislosti dávkového příkonu na nadmořské výšce

Z grafu je patrné, že dávkový příkon s rotoucí nadmořskou výškou nejprve klesá a po dosažení určitého minima začne opět stoupat. Dávkový příkon dosáhne minima ve výšce 600-1000 m.n.m. V nadmořské výšce 4000 m je dávkový příkon srovnatelný s dávkovým příkonem u povrchu země, ale liší se původem a složením.

Závěr

Přestože se nám nepodařilo uskutečnit měření na palubě letadla, použitím dat z minulého ročníku jsme zjistili, že piloti létající do nadmořské výšky 4000 m se nemusí obávat zdravotních problémů způsobených ozářením.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce, zejména našemu supervizorovi Ing. Jánu Kubančákovi za ochotu při seznámení s problematikou a vedení našeho miniprojektu.

K čemu vede rozladění laserového rezonátoru

J. Klinkovský* J. Jarolímek† T. Malinský‡

Abstrakt

V teoretickém úvodu jsme se seznámili s principy a využitím různých typů laserů. Podrobněji jsme se zabývali příčnými módy, které jsme zkoumali pomocí Nd:YAG laseru pracujícího na vlnové délce 1064 nm. Příčné rozložení intenzity výstupního laserového svazku jsme zkoumali pomocí CCD kamery snímající vlnové délky větší než 1000 nm. Příčné módy jsme ovlivňovali mechanickým rozlaďováním rezonátoru.

1 Úvod

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se s fyzikálním principem laserů a experimentálně ověřit existenci a vlastnosti příčných módů.

2 Popis experimentu

2.1 Princip Nd:YAG laseru

Hlavní částí laseru je aktivní prostředí, kde probíhá stimulovaná emise. Aktivní prostředí Nd:YAG laseru tvoří izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu ($Y_3Al_5O_{12}$) dopovaný ionty neodymu. Použitý krystal má průměr 3 mm a délku 6 mm. Emitované záření má vlnovou délku 1064 nm.

Aby mohla probíhat stimulovaná emise, musí se v aktivním prostředí vyskytovat více částic v excitovaném stavu než částic v základním stavu, do aktivního prostředí tedy musíme dodávat energii. Buzení Nd:YAG laseru je zajištěno jiným laserem emitujícím záření o vlnové délce 808 nm, které je v aktivním prostředí pohlceno.

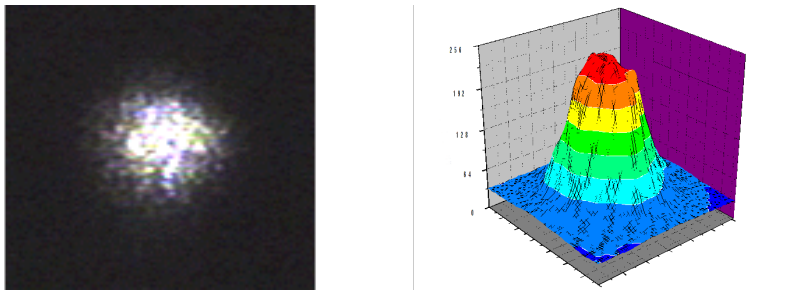
Rezonátor zajišťuje zesílení stimulované emise, aby bylo dosaženo požadovaného výstupního výkonu. Rezonátor je realizován dvěma zrcadly, zadní rovinné zrcadlo je napařené přímo na krystalu Nd:YAG, přední vypuklé zrcadlo o poloměru křivosti 100 mm je umístěno několik centimetrů před krystalem na optické lavici. Zadní zrcadlo propouští budící záření o vlnové délce 808 nm a odráží záření o vlnové délce 1064 nm, přední zrcadlo

*Gymnázium Blansko, kuba.klinkovsky@gmail.com
†Gymnázium Turnov, jarolimekjosef@seznam.cz
‡Gymnázium Elišky Krásnohorské, t.malinsky@mujmail.cz

odráží 99.98 % záření o vlnové délce 1064 nm zpět do rezonátoru a pouze 0.02 % záření propustí mimo laser.

2.2 Módy

Elektromagnetické vlnění uvnitř rezonátoru má charakter stojatých vln. Podobně jako rozechvěním napnuté struny mohou vznikat vyšší harmonické frekvence, tak analogicky v laserovém rezonátoru mohou vznikat tzv. podélné módy, které jsou tím výraznější, čím kratší je délka pulsu. Kromě podélných módů rezonátor vynucuje také příčné módy, které určují příčný profil emitovaného svazku. V základním módu (viz obr. 1) je intenzita koncentrována uprostřed svazku a směrem k okraji klesá. Rozladěním laserového rezonátoru začnou převažovat vyšší módy.

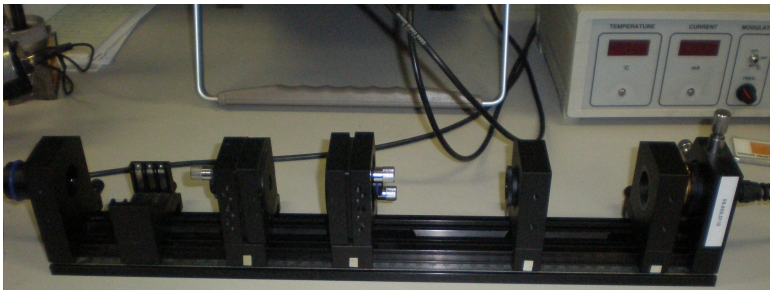


(a) snímek pořízený CCD kamerou (b) graf rozložení intenzity laserového svazku

Obrázek 1: Základní mód

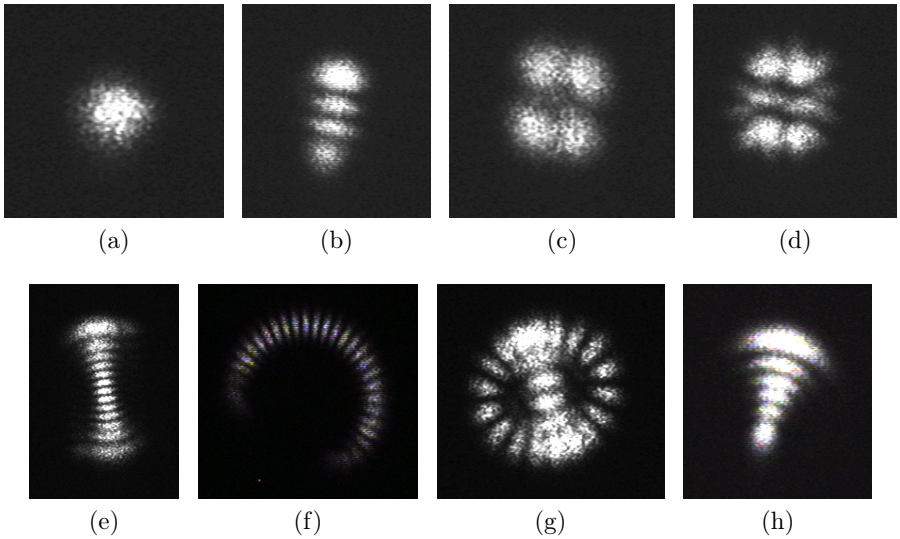
2.3 Výsledky měření

Pomocí šesti stavěcích šroubů a nastavení budící laserové diody jsme měnili vlastnosti rezonátoru (viz obr. 2). Čtyři šrouby sloužily k nastavení zrcadel rezonátoru, zbývající dva šrouby sloužily k nastavení budící diody.



Obrázek 2: Použitá aparatura

Naměřili jsme profily základních a vyšších příčných módů (viz obr. 3) a jejich superpozice.



(a) (b) (c) (d)

(e) (f) (g) (h)

Obrázek 3: Snímky příčných módů: (a) - základní; (b), (c), (d), (e) - Gauss-Hermitovské; (f), (g), (h) - kombinace Gauss-Laguerreových

3 Závěr

V tomto projektu jsme se seznámili s fyzikálním principem laserů, jejich různými typy, historií a aplikací. Pomocí rozladění rezonátoru jsme získali základní příčné módy, příčné módy vyšších řádů a jejich kombinace.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za organizaci Týdne vědy na Jaderce. Dále děkujeme našemu supervizorovi Ing. Josefu Blažejovi, Ph.D. za poskytnutí vyčerpávajících informací ohledně laserů a za pomoc při měření.

Reference

[1] Prof. Dr.-Ing. Dickman, *Manuál ke stavebnici MEOS – Diodelaser Pumped Nd:YAG Laser*, MEOS GmbH, 1992

RTG fázová analýza

Michael Pokorný, pok@rny.cz, Střední škola aplikované kybernetiky s.r.o.
Tomáš Jirman, jirman.tomas@seznam.cz, Gymnázium, Nad Alejí 1952, Praha 6

Abstrakt

Rengenová fázová analýza se používá ke zkoumání krystalické struktury materiálu. Oproti prvkové analýze dává také informace o fázi látky. V našem miniprojektu jsme zopakovali Laueho experiment, který současně potvrdil vlnovou povahu RTG a charakter krystalové mřížky. Dále jsme provedli RTG fázovou analýzu neznámého prášku a pomocí databáze PDF jsme určili jeho složení a fáze.

1 Teoretický úvod

1.1 RTG záření

Rengenové záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou přibližně 0,1 až 100 Å. Bylo objeveno v roce 1895 Wilhelmem Conradem Röentgenem. Nejrozšířenější zdroj RTG záření je rentgenka. Skládá se z anody a katody umístěné ve vakuové trubici. Interakce urychlených elektronů ze žhavené katody s anodou vede ke vzniku různých druhů RTG záření.

Výsledné spektrum RTG zdroje má dvě části: charakteristickou a bílou. Vlnová délka charakteristické části spektra záleží na materiálu anody. Pro účely difrakce na krystalové mřížce se používají vlnové délky v řádu Å.

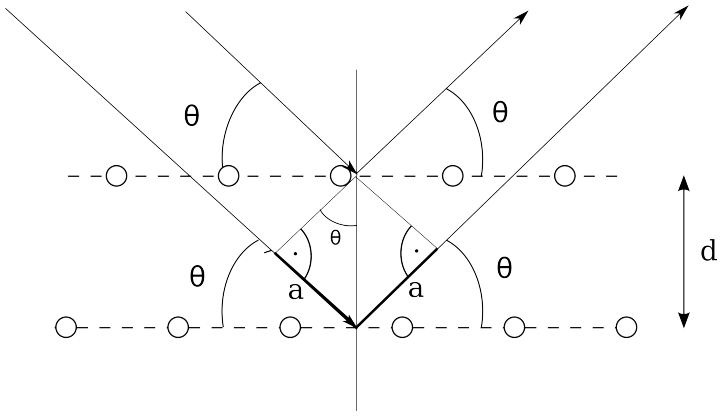
1.2 Braggova rovnice

Braggova rovnice popisuje podmínku pro konstruktivní interferenci vlny odražené od 2 různých rovin krystalové mřížky, jejichž vzdálenost je d. Lze ji odvodit geometricky: ke konstruktivní interferenci musí rozdíl dráh uražených jednotlivými vlnami být násobek vlnové délky [1]:

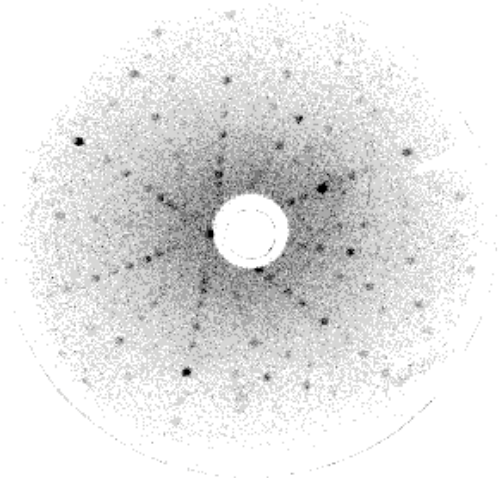
$$2\mathrm{d}\sin\theta = \mathrm{k}\lambda \tag{1}$$

1.3 Laueho experiment

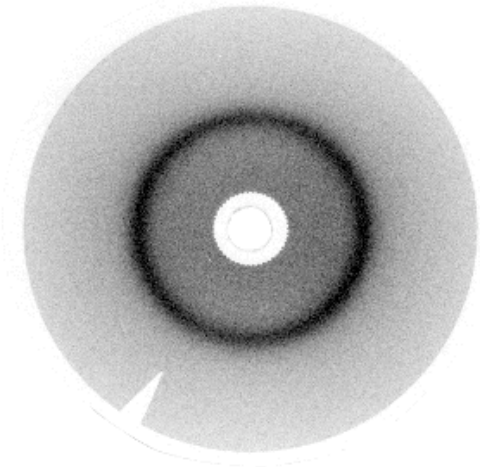
Laueho experiment spočívá v difrakci RTG záření na monokrystalu. Protože by bylo obtížné s monochromatickým zdrojem splnit difrakční podmínku danou Braggovou rovnicí, používá se při tomto experimentu bílá část spektra RTG zdroje. Díky tomu si může každá soustava atomových rovin ,,vybrat" vhodné λ, pro které je Braggova rovnice splněna, díky čemuž dojde ke konstruktivní interferenci (která se projeví jako tečka na filmu). Kvůli použití bílého světla však neznáme přesnou hodnotu λ difraktovaného paprsku, proto praktickým výsledkem tohoto měření je jen fakt, že se jedná o monokrystal (viz obr. 2) nebo polykrystal (viz obr. 3): čím menší krystaly se v materiálu nachází, tím více se bude výsledný obraz podobat soustředným kružnicím.



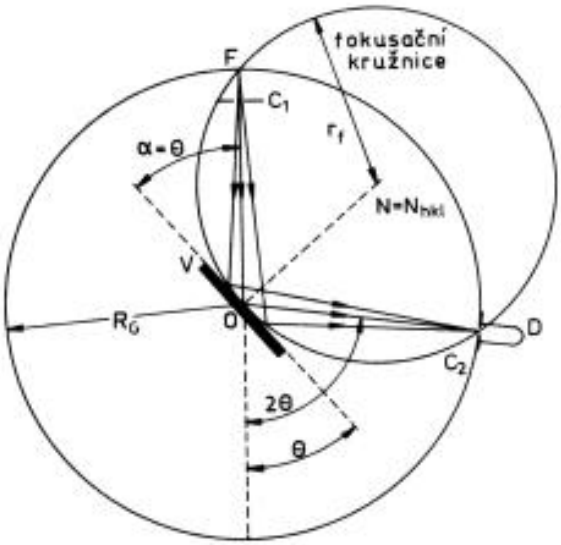
Obrázek 1: Odvození Braggovy rovnice



Obrázek 2: Lauegram monokrystalu. Střed je posunutý vlivem nepřesného nastavení RTG zdroje.



Obrázek 3: Lauegram polykrystalu



Obrázek 4: Braggovo-Bentánovo fokusační uspořádání

1.4 RTG fázová analýza

K určení fázového složení materiálu ve formě prášku se používá Braggovo-Bentánovo fokusační uspořádání práškového goniometru. Využívá se charakteristická část záření anody, která vytváří monochromatický zdroj. Bílá část spektra se ořezává pomocí beta filtru. Výsledkem tohoto měření je závislost intenzity difraktovaného záření na difrakčním úhlu 2θ. Po analýze difrakčních linií a přepočtu na mezirovinné vzdálenosti (pomocí Braggovy rovnice) lze pomocí databáze PDF[2] (Powder Diffraction Files) identifikovat neznámou krystalickou fázi vzorku.

2 Experiment

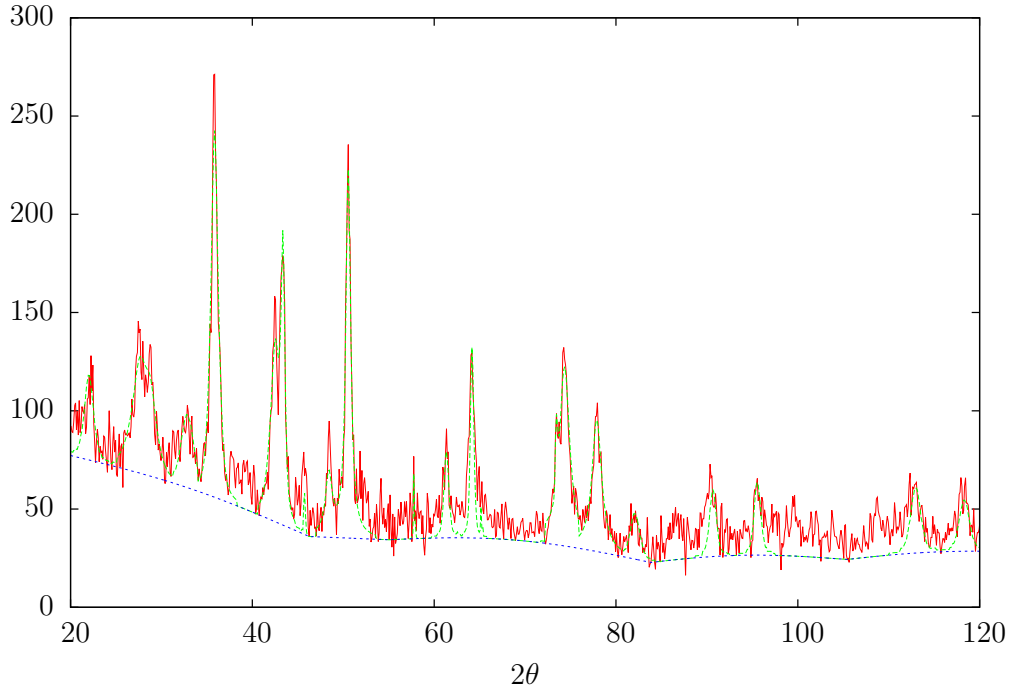
RTG fázovou analýzou jsme zjišťovali fázové složení neznámého práškového vzorku.

2.1 Parametry měření

Použité záření	Co Kα
Napájecí napětí rengenky	40 kV
Proud v rengence	10 mA
Byl použit beta filtr.	
Úhlový rozsah 2θ	15 - 120^o
Úhlový krok	$0,06^o$
Doba expozice	10 s
Celková doba měření	4 min

2.2 Výsledky

Výsledný difraktogram neznámého prášku je zobrazen na obr. 5.



Obrázek 5: Difraktogram neznámého vzorku

Peaky byly nejprve identifikovány pomocí programu High Score Plus, a poté ve stejném programu byly k daným identifikovaným liniím přiřazeny záznamy z PDF databáze, které nejlépe odpovídaly naměřenému difraktogramu. Výslednou analýzou byly identifikovány 2 fáze: kubická NiO a monoklinická $Ni(WO_4)$ (viz obr. 6).

3 Závěr

RTG fázová analýza byla úspěšně aplikována na určení fázového složení neznámého práškového vzorku.

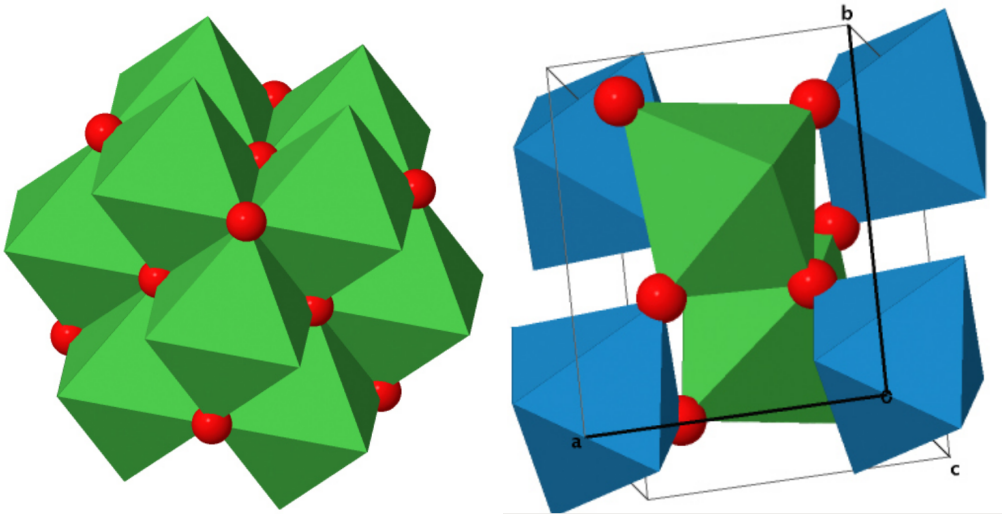
4 Poděkování

Děkujeme organizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce 2012 za zorganizování miniprojektu a našemu supervizorovi Ing. Petru Sedlákovi, Ph.D. za zajímavé uvedení do tématu RTG fázové analýzy.

Reference

[1] V. Valvoda, M. Polcarová, P. Lukáč, *Základy strukturní analýzy*, 1992

[2] Databáze PDF, http://www.icdd.com



Obrázek 6: Kubická fáze NiO, monoklinická fáze Ni(WO_4)

Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Ondřej Vrba (vrba.ondrej@gmail.com)
Do Hoang Diep - Danka(dohodda@gmail.com)
Verča Chadimová (verusyk@email.cz)

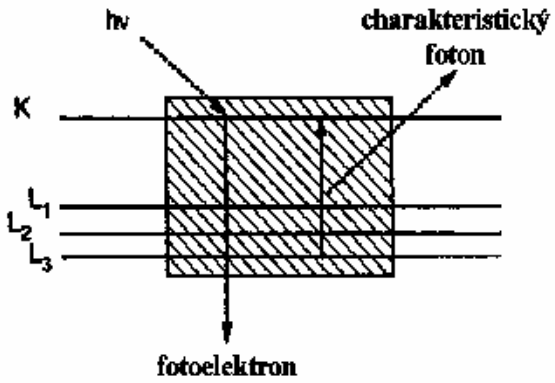
Metoda využívající RTG záření k určení prvkového složení látek. Fotony při interakci s atomy zkoumaného vzorku vybuzují charakteristické záření, které je závislé na protonovém čísle podle Moseleyho zákona.

$$E = k * (Z - b)^2$$

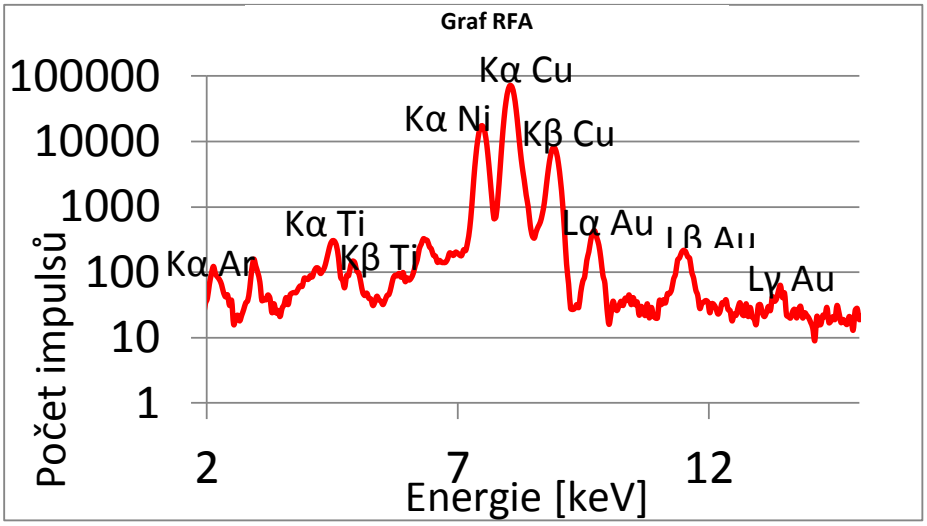
Z - protonové číslo
k, b - konstanty

Při dostatečné energii budící částice (fotonu) dochází k uvolnění elektronu z nejnižších slupek atomu (pro analytické účely jsou využitelné hladiny K a L), a tím dochází k ionizaci. Vzniklá elektronová vakance se zaplní elektronem z vyšších vrstev, jenž při přechodu z vyšší hladiny na nižší vyzáří energii ve formě RTG záření, které je následně detekováno a zpracováno. Právě toto záření charakterizuje každý prvek a počet vyzářených fotonů dané energie udává koncentraci prvku ve vzorku. Vyzářená energie je rovna rozdílu vazbových energií hladin, mezi kterými k přechodu dochází.

Schéma ionizace atomu při RFA

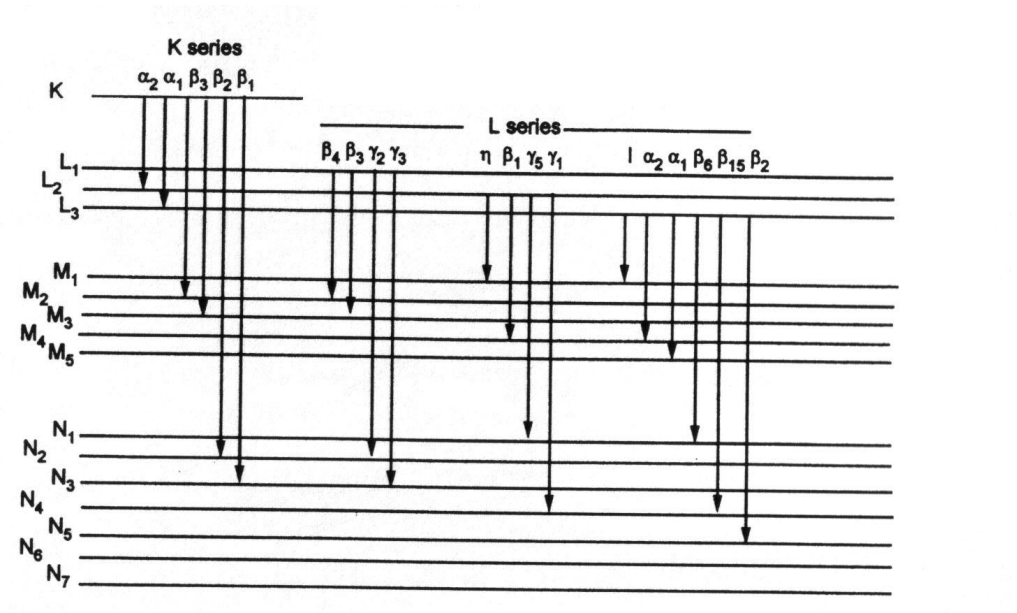


Detekované záření je v počítači zpracováno do podoby grafů, kde je na ose x znázorněna energie tohoto záření v jednotkách keV a na ose y počet impulsů (jeden impuls odpovídá jedné detekované částici - fotonu).



Píky se označují kombinací tří znaků. První písmeno označuje hladinu, na které vznikla vakance, a zbylé znaky označují, z které hladiny pocházel elektron, jenž tuto vakanci zaplnil (viz obrázek níže).

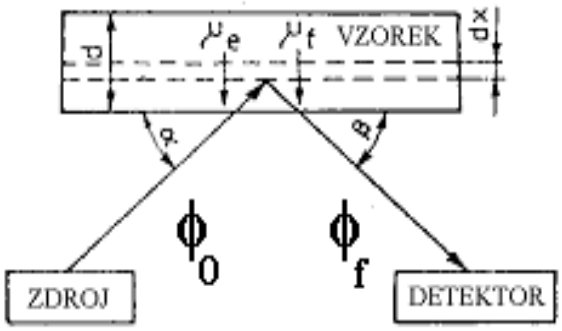
Možné přechody mezi hladinami



Měřící aparatura se skládá ze zdroje emitujícího ionizující záření, držáku na vzorky a detektoru. Výsledky se zaznamenávají pomocí spektrometrického detektoru ionizujícího záření (v našem případě byl použit detektor Si – PIN).

Úhel, pod kterým dopadá záření ze zdroje na vzorek, ovlivňuje celou řadu parametrů při měření, například hloubku průniku záření či citlivost měření.

Schéma aparatury



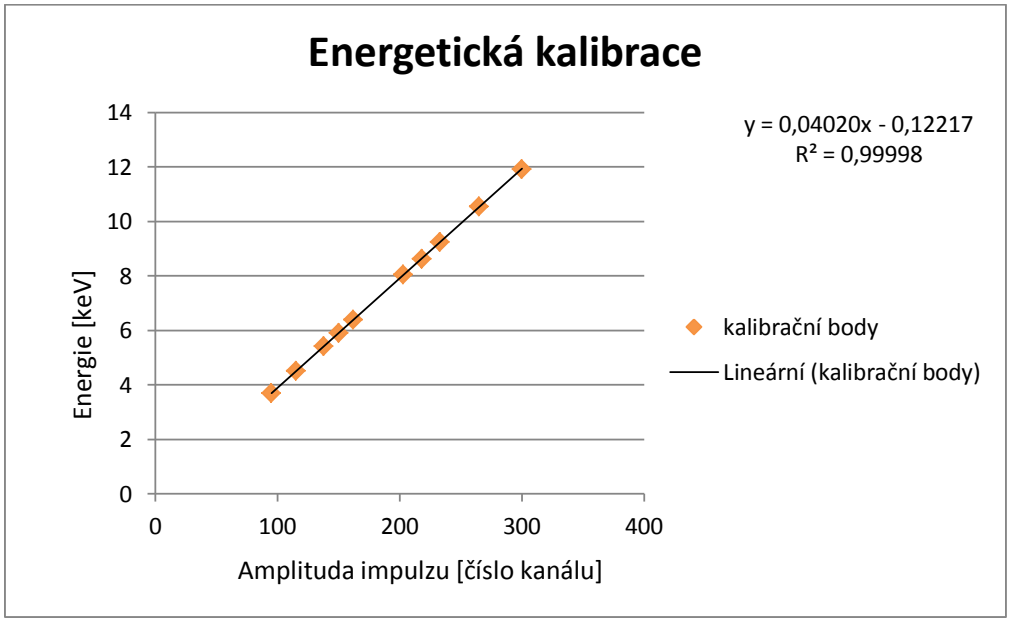
Naše aparatura

Výhody a nevýhody RFA

- Univerzální – je použitelná v podstatě na jakýkoliv druh vzorku
- Multielementální
- Nedestruktivní
- Neinvazivní
- Levná
- Rychlá – minuty (sekundy) na 1 měření
- Jednoduchá obsluha přístrojů

- Pouze prvkové složení
- Z > 10 (spíše 20)
- Náročné kvantitativní vyhodnocení (matricový jev)
- Relativně špatný minimální detekční limit
- Dle metody a prvku: od 0,1% až k sub ppm
- Přesnost od jednotek do několika málo desítek %
- Omezení prostorového rozlišení

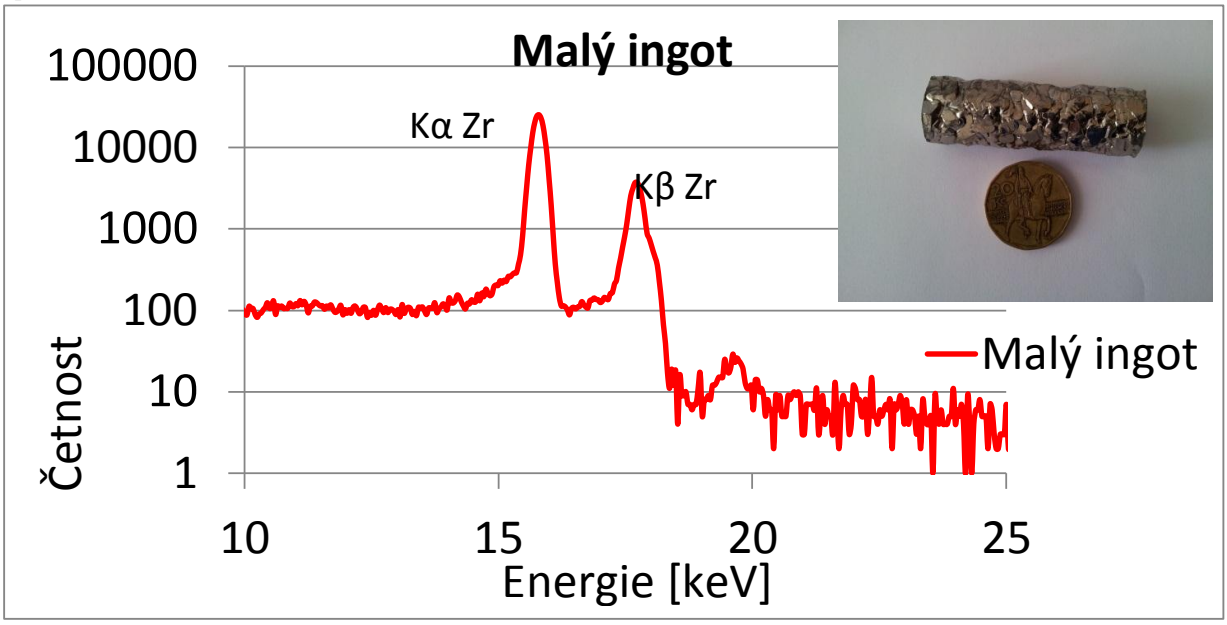
Před každým měřením je nutné zařízení zkalibrovat, což znamená nalezení vztahu mezi deponovanou energií a amplitudou impulzu detektoru. Kalibrace se provádí pomocí měření série vzorků, u nichž známe složení. Jinými slovy, nalezli jsme v tabulkách energie fotonů emitovaných z kalibračních vzorků a sledovali velikost odezvy těmto energiím odpovídajícím. Velikost odezvy nejčastěji vyjadřujeme pořadovým číslem kanálu, do kterého spadá největší procento impulzů. Závislost energie na amplitudě odezvy jsme vynesli do grafu a proložili ji přímkou, čímž jsme získali kalibrační rovnici (viz graf níže).



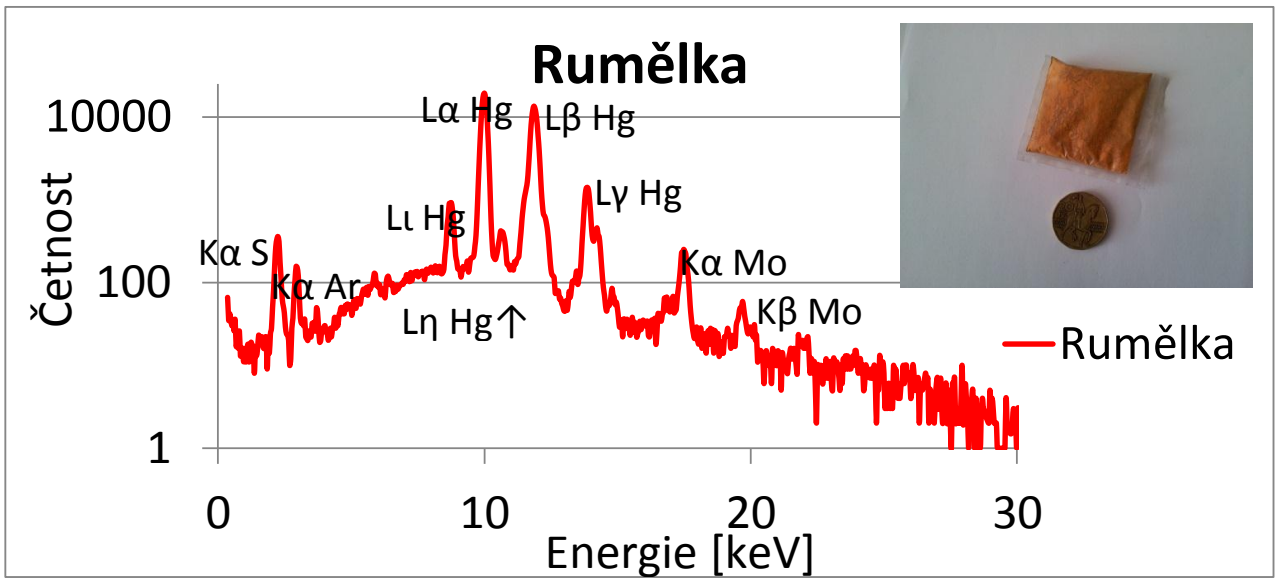
Po kalibraci jsme přistoupili k identifikaci prvky obsažené v neznámých vzorcích. Porovnáváním naměřených hodnot s hodnotami tabelovanými jsme schopni určit přítomnost prvku.

Analyzovali jsme titanovou pozlacenou destičku, dekorativní popelník, náušnici, snubní prsten, kovový ingot, kalibrační destičku, elektronku, plastové pero, červeno-oranžový prášek, sošku Buddhy, dvacetikorunu a padesátikorunu.

V titanové destičce jsme naměřili: Ti, Au, ale také značný podíl Cu a Ni. Popelník obsahoval převážně Si, ale i Pb, jedná se tedy o olovnaté sklo, jež se využívá právě pro výrobu broušených předmětů. Náušnice, jejíž složení jsme zpočátku neznali, byla vyrobena z Au, Zn, Cu a Ag, stříbro a zinek jsou totiž příměsi bílého zlata. Snubní prsten byl složen ze zlata s příměsí Cu, Ag a stopou Mn. Kovový ingot obsahoval velmi čisté zirkonium, což je relativně vzácný prvek (viz obrázek + spektrum).

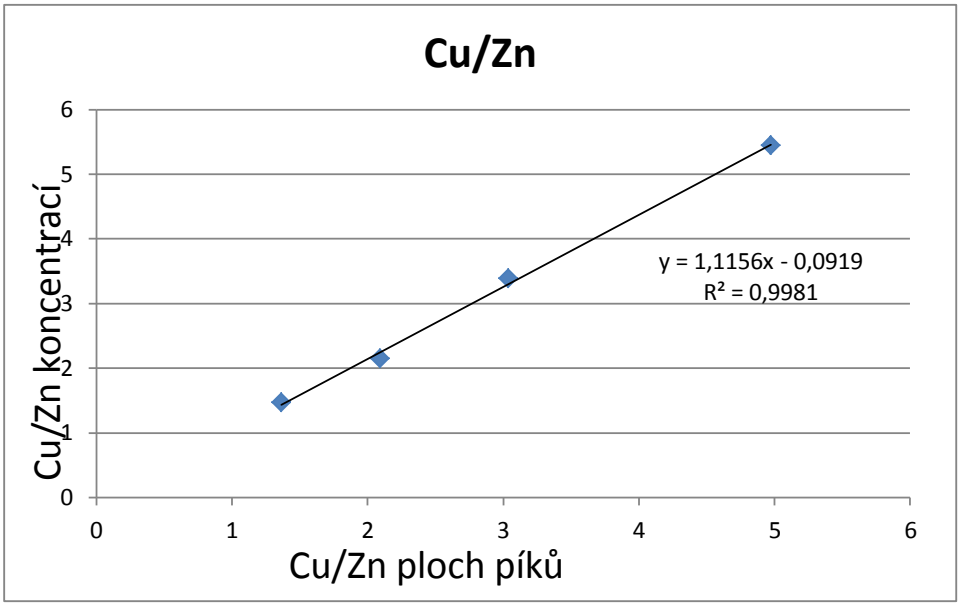


V kalibrační destičce jsme naměřili následující prvky: Fe, Zn, Br, As, Sr, K, V. Stínítko elektronky oproti tomu obsahovalo Ni, Fe, S a Zn. Dalším vzorkem bylo plastové pero, v němž jsme naměřili Ti, který je ve formě TiO_2 [1]používán jako plnivo a barvivo. Červeno-oranžový prášek sjem identifikovali jako rumělku, na základě přítomnosti píků Hg a S.



Dále jsme analyzovali sošku Buddhy, která měla údajně pocházet z 10.století, bylo však zjištěno, že je vyrobena z mosazi, což je materiál pro tuto dobu velice neobvyklý.

U dvacetikoruny a padesátikoruny jsme provedli i kvantitativní analýzu za pomoci kalibrace mosaznými standardy. Změřili jsme plochu píku Zn a Cu a následně vypočetli jejich poměr, čímž jsme získali závislost poměru koncentrace Cu a Zn na poměru ploch píků Cu a Zn.



[1] cs.wikipedia.org/wiki/titan_(prvek)

Na základě proveděné kalibrace jsme zjsitili poměr Cu: Zn 75,3:24,7 (dvacetikoruna) a 76,7:23,3 (padesátikoruna). Česká národní banka tvrdí, že dvacetikoruna je vyrobena z oceli plátované slitinou Cu a Zn v poměru 75:25 a galvanicky pokovená slitinou Cu a Zn v poměru 72:28. Střed padesátikoruny, který jsme měřili, má stejné složení jako dvacetikoruna.
[2]Z naměřených výsledků můžeme říci, že deklarované složení odpovídá.

Poděkování
Na závěr bychom chtěli velmi poděkovat Ing. Petru Průšovi, PhD. za jeho ochotnou pomoc a cenné informace. Dále také FJFI a organizátorům Týdne vědy, že nám umožnili přístup k tomuto zařízení.

[2] www.cnb.cz/cs/platidla/mince/mince_20czk.html
www.cnb.cz/cs/platidla/mince/mince_50czk.html

Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření

M. Račko – Gymnázium Jozefa Lettricha Martin
vttcmikos@gmail.com
P. Pokošová – Podkrušnohorské gymnázium Bílina
V. Stránský – Gymnázium Teplice
V. Trličík – Masarykovo gymnázium Vsetín

Abstrakt:

Cílem projektu bylo seznámit s generací rentgenového laseru pomocí ultrakrátkých laserových pulsů na zařízení PALS. Dalším cílem byla optimalizace parametrů pro dosažení co možná nejsilnějšího krátkovlnného záření.

Úvod

Rentgenové lasery nacházejí využití v mnoha oborech, např. ve výzkumu termonukleární fúze. K jejich generaci se využívá laserový impuls zaměřený na sloupec plasmatu. V projektu jsme využili titansafírový laser fokusovaný do cely naplněné argonem. Pomocí spektrometru jsme dále zjišťovali vlastnosti XUV laseru a dále jsme změnou jednotlivých parametrů dosahovali lepších vlastností.

1 Generace laserových pulsů

K vytvoření laserového pulsu o vlnové délce 812nm a délce pulsu 40fs jsme využili 1 Jouleový laser v zařízení PALS (Prague Asterix Laser System), jehož výkon dosahuje 25TW. Pro naše účely jsme však využili slabší svazek s výkonem 25GW. Intenzita v ohnisku dosahovala 10^{14} W/cm^2.

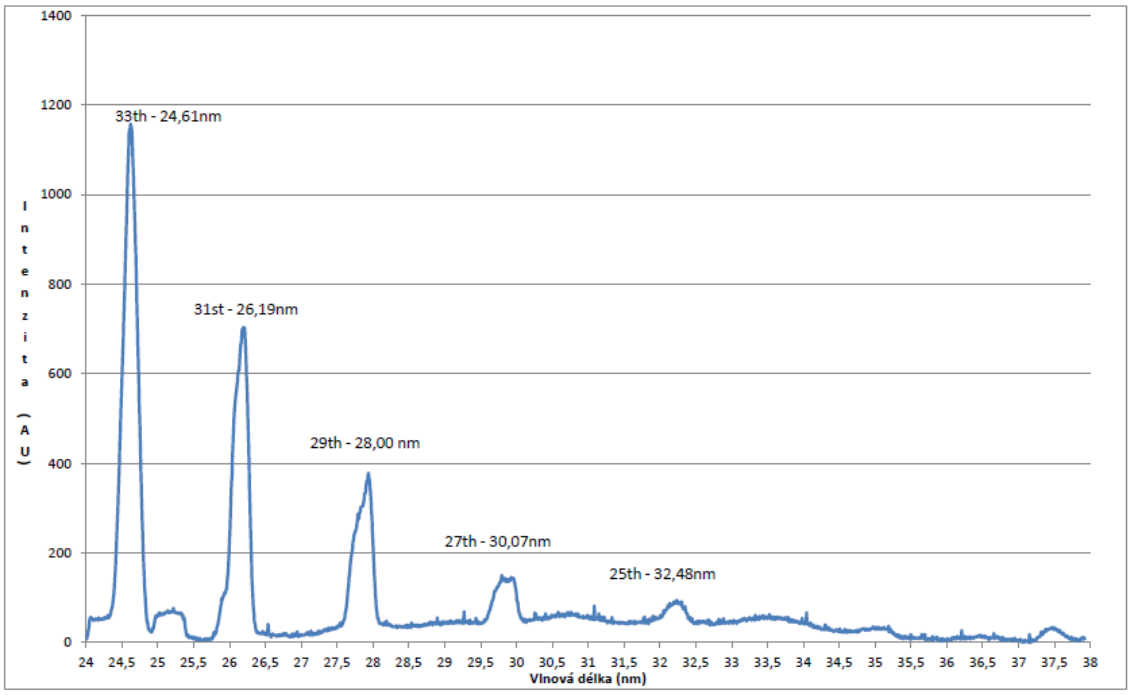
2 Generace vyšších harmonických frekvencí

Pro vytvoření elektromagnetického záření s vyšší frekvencí bylo třeba laserové pulsy zaměřit pomocí čočky o ohniskové vzdálenosti 75cm na celu naplněnou argonem o tlaku 20-100 mbar. Tato cela byla umístěna ve vakuové komoře a byla připevněna k motorům, které umožňovaly její pohyb.

3 Optimalizácia parametrov - výsledky

Ďalej sme sa pokúšali dosiahnuť čo najvyššie intenzity vyšších harmonických frekvencií. Menili sme tlak v cele, vzdialenosť cely od ohniska a dĺžku laserového pulzu. Na meranie intenzity sme použili spektrometer s difrakčnou mriežkou, pomocou ktorej sa zobrazilo spektrum na CCD čipe citlivom na mäkké rentgenové žiarenie. Na obr.1 je zobrazená fotka tohto spektra. Porovnaním relatívnych hodnôt intenzít žiarenia na jednotlivých vlnových dĺžkach sme našli najvhodnejšie podmienky pre generáciu vyšších harmonických frekvencií. Postupnými meraniami sme zistili, že najvyššiu účinnosť sme dosiahli pri tlaku v cele 35mbarr, vzdialenosti od ohniska 2mm a vzdialenosťou mriežok v kompresore rovnou 200μm. Merania peakov je zaznačené v grafe číslo 1.

Obrázek č.1



Graf č.1

Záver

V našom miniprojekte sme dokázali vznik vyšších harmonických frekvencií, ktoré sme detekovali spektrometrom citlivým na mäkkú rentgenovú časť spektra. Postupnými meraniami sme určili najvhodnejšie podmienky pre túto generáciu.

Poděkování

V první řadě bychom rádi poděkovali naší supervizorce Ing. Michaele Kozlové, PhD., která nám s přehledem odpovídala na všechny naše otázky a provázela nás celým měřením. Dále děkujeme panu Janu Hřebíčkovi, všestrannému technikovi. Seznámení s danou tématikou nám zprostředkoval Fyzikální ústav PALS, ve spolupráci s FJFI ČVUT. Týdnem vědy nás provázel převážně Ing. Vojtěch Svoboda, CSc., kterému tímto také děkujeme za jeho bezproblémový přístup.

Reference:

- [1] Jakubczak Krzysztof: Development and applications of coherent XUV sources driven by ultrashort laser pulses, 2010

Měření rychlosti světla

Daniel Vymětal[1], Tomáš Jáchym[2], František Hájek[3]

Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec[1]
Česko-Anglické gymnázium, České Budějovice[2]
Gymnázium Uničov, Uničov[3]

oshiraban@gmail.com[1]
tomasjachym@gmail.com[2]
frahah@seznam.cz[3]

Abstrakt:

Rychlost světla **c** je považována za jednu z nejzákladnějších konstant v přírodě. Ve vakuu je jeho rychlost vždy konstantní. Zatím jsme neobjevili žádnou rychlost, která by byla větší než rychlost světla. V současnosti jsme schopni tuto rychlost přesně změřit. Podle dosavadních poznatků této rychlosti nemůže nikdy dosáhnout částice s hmotností.

1 Jak to vlastně všechno začalo?

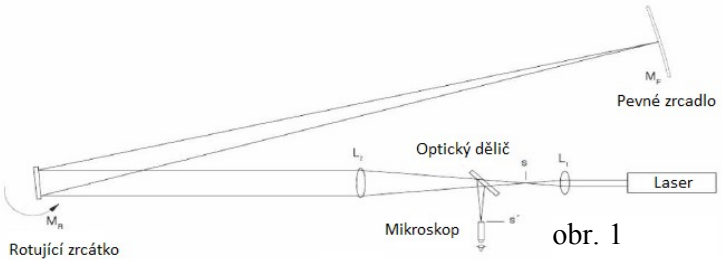
Rychlost světla byla v Evropě dlouhou dobu považována za nekonečnou. Tato myšlenka se však nelíbila italskému fyzikovi a astronomovi Galileu Galileji. Pokusil se provést experiment, který by tuto myšlenku vyvrátil, avšak jeho snažení nemělo pozitivního výsledku.

Roku 1675 se pokusil dánský astronom Olaf Römer rozbořit staré mýty o nekonečné rychlosti světla a dát tedy světu nový řád. Jeho výsledky vycházely z pozorování zákrytu Jupitera jeho měsícem Io. Jestliže byl Jupiter k Zemi blíže, doba zákrytu byla kratší, než když byla tato vzdálenost větší. Na základě tohoto pozorování spočítal rychlost světla na 2.1×10^{8} ms^{-1}, tedy s odchylkou 30% od dnešních hodnot.

O něco přesněji určil tuto hodnotu roku 1849 francouzský vědec Hippolyte Fizeau, který ji stanovil na $3{,}15\times10^{8}$ ms^{-1} pomocí ozubeného kola a zrcátka.

Další francouzský vědec, Jean Foucault, tuto metodu zdokonalil a určil rychlost světla na 2.999×10^{8} ms^{-1}. Při našem experimentu využijeme této metody a pokusíme se pomocí ní přiblížit co nejvíce k tabulkové hodnotě.

2 Světlo pod mikroskopem



obr. 1

M_R – rotační zrcadlo
M_F – pevné zrcadlo
L_1 – čočka s ohniskem 48 mm
L_2 – čočka s ohniskem 252 mm
A – Vzdálenost L_1 a L_2 mínus ohnisko L_1
B – vzdálenost L_2 a M_R
D - vzdálenost mezi M_R a M_F

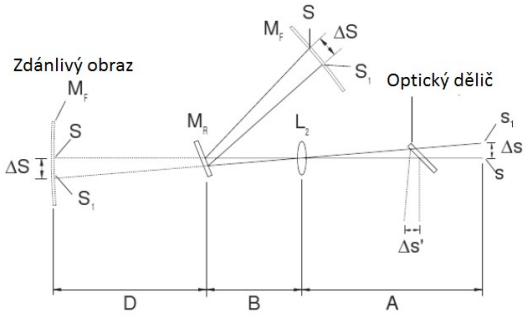
Metoda

Metoda, kterou jsme použili, se nazývá Focaultova.
Je založena na tomto principu (obr. 1):

1. Paprsek z laseru prochází čočkami do rotujícího zrcadla M_R
2. Odráží se do pevného zrcadla M_F
3. Vrací se do M_R, které se mezitím pootočí o úhel Θ
4. Zde se odráží do mikroskopu, v němž můžeme pozorovat posun Δs odraženého obrazu od původního paprsku

Příprava, měření

Pomůcky: 0.5 mW He-Ne laser 632.8 mm, modul s rotačním zrcátkem včetně ovládání, pevné sférické zrcátko na podstavci, měřící mikroskop s děličem svazku, 1 čočka s ohniskem vzdálenosti 48 mm, 1 čočka s ohniskem vzdálenosti 252 mm, polarizátor, optická lavice spojena s nastavitelnou lavicí pro laser, zaměřovače svazku



obr. 2

Postup: Sestavíme aparaturu podle schématu (obr. 2). Nastavíme laser tak, aby procházel přes čočky a mikroskop do rotujícího zrcadla. Pevné zrcadlo umístíme do vzdálenosti **D** tak, aby rotující zrcadlo odráželo paprsek přímo do pevného zrcadla. Dále upravíme pevné zrcadlo, aby odráželo paprsek zpět do rotujícího zrcadla a odtud do mikroskopu. V mikroskopu nalezneme odraz odraženého paprsku.

Měření: Postupujeme tak, že prvně změříme posun obrazu odraženého paprsku ve směru hodinových ručiček **CW** o určité frekvenci a poté to samé provedeme proti směru hodinových ručiček **CCW** (o shodné frekvenci). Zapíšeme naměřené hodnoty a opakujeme měření pro jiné frekvence.

Výsledky měření

Pro výpočet rychlosti světla využijeme vztahu:

$$|\angle s_1 M_R S| = 2\Delta\theta,$$

který dále rozvedeme do podoby [6]

$$c = \frac{8\pi A D^2 (f_{CW} + f_{CCW})}{(D+B)(s'_{CW} - s'_{CCW})}$$

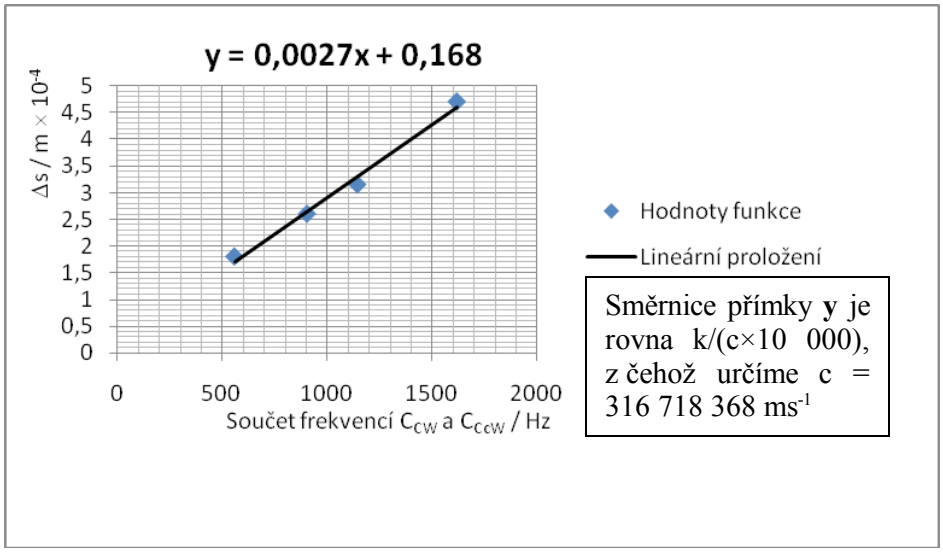
v této rovnici zavedeme substituci

$$k = \frac{8\pi AD^2}{(D+B)}$$

Naše naměřené hodnoty a provedené výpočty

Otáčky [Hz]	Směr CCW [mm]	Směr CW [mm]	Δs [m]	Odpovídající rychlost světla [ms^{-1}]
280	12,52	12,7	0,00018	269580821,9
453	12,29	12,55	0,00026	315244512,1
573	12,39	12,705	0,000315	298669330
810	12,35	12,82	0,00047	301945332,7

Závislost rozdílu vzdáleností na součtu frekvencí CW + CCW



Při měření mohlo dojít k určitým chybám v měření vzdáleností mezi zrcadly, nerovnosti terénu, nedokonalému prostředí a nedokonalému ostření čoček.
Odhad teoretické chyby mohl dosáhnout až 8,9 %.

Diskuse

Definována rychlost světla je 2,99792458×10^8 ms^{-1}; naše naměřená rychlost přitom činní 3,16718368 ms^{-}1. Tedy odchylka od tabulkového výsledku je 5,6 %. Z toho plyne, že naše měření byla relativně přesná.
V porovnání odchylek s předchozími ročníky:

-24,0 % (2011); 5,0 % (2010); 5,5 % (2009); 5,19 % (2008).

3 Shrnutí

Naše naměřená hodnota 316 718 368 ms^{-1} se od tabulkové hodnoty 292 792 458 ms^{-1} liší o 5,6 %, což je méně, než odhad relativní chyby 8,9 %. Z toho vyplývá, že naše měření bylo v rámci možností relativně přesné. Dále jsme zjistili, že pro lepší identifikaci odrazu paprsku je lepší si střídavě zakrývat paprsek z M_R do M_F. Naše měření jednoznačně dokázalo, že Galileo Galilei měl o konečnosti rychlosti světla přeci jen pravdu.

Poděkování

Děkujeme za technickou a vědomostní podporu Ing. Jaroslavu Adamovi.

Dále děkujeme FJFI ČVUT za poskytnutí pomůcek a prostorů.

Reference:

[1] ČERNÝ L. A KOL.: *Měření rychlosti světla* - Sborník příspěvků, 2011, str. 40

[2] KUMAVSKÝ L. A KOL.: *Měření rychlosti světla – Sborník příspěvků,* 2010, str. 48

[3] ŠVÉDA P. A KOL.: *Měření rychlosti světla* – Sborník příspěvků, 2009, str. 141

[4] OTTE V. A KOL.: *Měření rychlosti světla* – Sborník příspěvků, 2008, str. 50

[5] KAIZR V.: Měření rychlosti šíření světla, Aldebaran Bulletin http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004 s1.html [cit.:19. 6. 2012]

[6] B. LEE A KOL.: Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model OS - 9261A, 62 and 63A, Pasco Scientific, USA, 1989

Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů

V. Kotyzová, J. Vaith

Wichterlovo gymnázium, Ostrava-Poruba,
Česko-anglické gymnázium, České Budějovice
vendykot@seznam.cz, jakub.vaith@seznam.cz

Abstrakt:
Model Zaměstnanosti, Produkce a Spotřeby je stochastický model, který vystihuje základní socio-ekonomické vlastnosti produkce zboží. Tento model je založen na interakci dvou tipů agentů - občanů a organizací, kteří se spolu navzájem ovlivňují stochastickými pravidly, které mají pět kroků a nazývají se komerční cyklus. Simulací tohoto modelu pro různá nastavení parametrů komerčního cyklu, které nazýváme kapitalismus a socialismus, zjišťujeme strukturálně odlišné vlastnosti, které vice straní kapitalismu.

1 Úvod

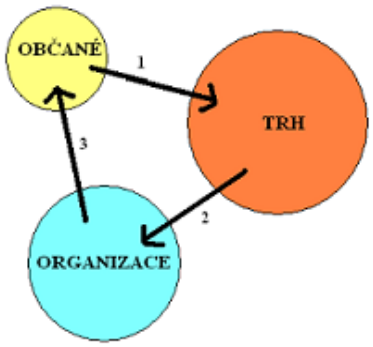
Industriální ekonomiku produkující zboží lze zjednodušeně modelovat pomocí mnoho-částicového a hetero-částicového modelu Zaměstnanosti, Produkce a Spotřeby (EPC). Tento model se na rozdíl od neoklasické ekonomické teorie nezaměřuje pouze na trh (=výměna zboží za peníze), ale bere trh jako jednu z velmi důležitých částí ekonomiky a hlavním pilířem modelu je fungování vztahů a příslušných rozdílů mezi občany různých tříd a organizacemi.

2 Teorie – principy fungování modelu

V Modelu EPC existují 2 druhy agentů:

- **občané**, kteří mohou mít tři různé právní vztahy vůči organizaci (nezaměstnaní; zaměstnanci; vlastníci)
- **organizace**

Oba typy agentů (a trh) jsou součástí oběhu peněz:
→ Občané si na trhu kupují zboží (**1**)
→ Organizace díky zaměstnancům získávají peníze z trhu (**2**)
→ Občané od organizací dostávají mzdu (**3**)



V modelu jsou v počátečních parametrech všichni nezaměstnaní a je stanovena minimální mzda. Postupně vznikají organizace → někteří se stanou zaměstnanými a někteří vlastníky. Počet organizací se časem stabilizuje.

Ovlivňování občanů, organizací a trhu vyjadřuje komerční cyklus mající následujících pět kroků:

1. najímací pravidlo

* nezaměstnaný + nezaměstnaný → zaměstnaný + vlastník + organizace
  - vlastník musí mít kapitál
* nezaměstnaný + vlastník → zaměstnaný + vlastník + rozšířená organizace

2. konání práce

* organizace + zaměstnanci → organizace s více penězi

* více zaměstnanců → více peněz

3. výplata

* organizace + zaměstnanci → organizace + zaměstnanci s více penězi
* organizace + vlastník → organizace + vlastník s více penězi
* když organizace nemá dost peněz na mzdy a dividendy → bankrot
  zaměstnanci + vlastník → nezaměstnaní

*mzda má 2 složky: fixovanou a proměnnou (závislá na hustotě pravděpodobnosti, „teplota mezd“ - určuje střední hodnotu mzdy)

4. propouštění

* organizace + n zaměstnanců → organizace + (n-n')zaměstnanců

→ po vyplacení mezd a dividend zbyde v organizaci jisté množství peněz (w), organizace má množství zaměstnanců n

$n*M_{fix} = w_{fix}$ (M_{fix} = fixovaná část mzdy)

$w > w_{fix}$ → má dost peněz, nemusí zaměstnance propouštět

$w < w_{fix}$ → propouštění; $[w/M_{fix}]$ = nový počet zaměstnanců (n-n')

5. spotřeba

* zaměstnanci + trh; nezaměstnaní + trh; vlastníci + trh
  → peníze na trh
* každý občan má bohatství (w), z intervalu (0;w) je generováno náhodné číslo – množství peněz, které občan utratí na trhu

Máme 2 typy modelu EPC:

* **Direct**: pracují nejen zaměstnanci, ale i vlastníci („rodinná firma“ apod.)
* **Proxy**: pracují jen zaměstnanci, je stanoven limit pro počet zaměstnanců
  → je-li počet zaměstnanců větší než limit, pracují jen zaměstnanci
  → je-li menší nebo roven limitu, vlastník přidává fixovanou část práce z trhu = střední hodnota práce (myšlenka: když je organizace příliš malá, je podporován vládou)

Model jsme simulovali s následujícími parametry:

Počet agentů: 1000	Celkový počet peněz na trhu: 100 000
Průměrné bohatství: 100	Minimální příjem: 10% počátečního bohatství
Teplota vyhazování: 1	Teplota přijímání: 1000
Teplota práce: 100	Teplota proměnné části mzdy: 20

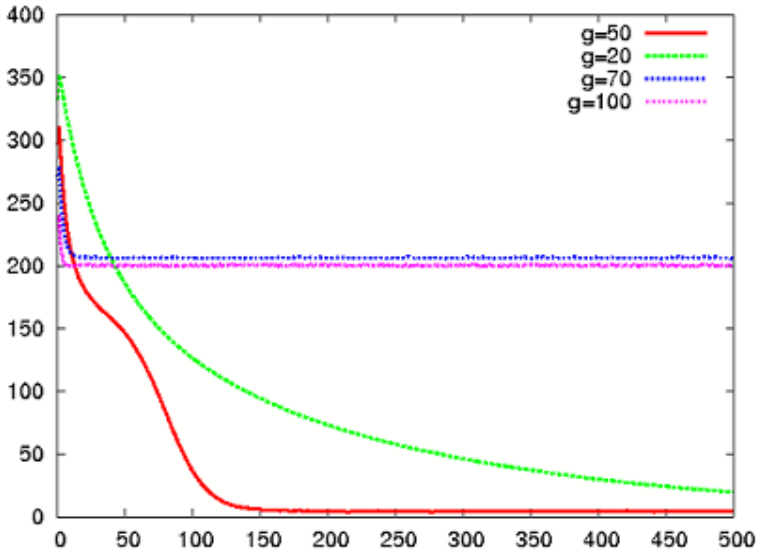
Rezervy organizace: 10% bohatství po vyplacení mezd

Nutný počáteční kapitál pro vytvoření nové organizace: 10

Procento chudých občanů: 50%	Počáteční bohatství chudých občanů: 100
Procento bohatých občanů: 50%	Počáteční bohatství bohatých občanů: 100

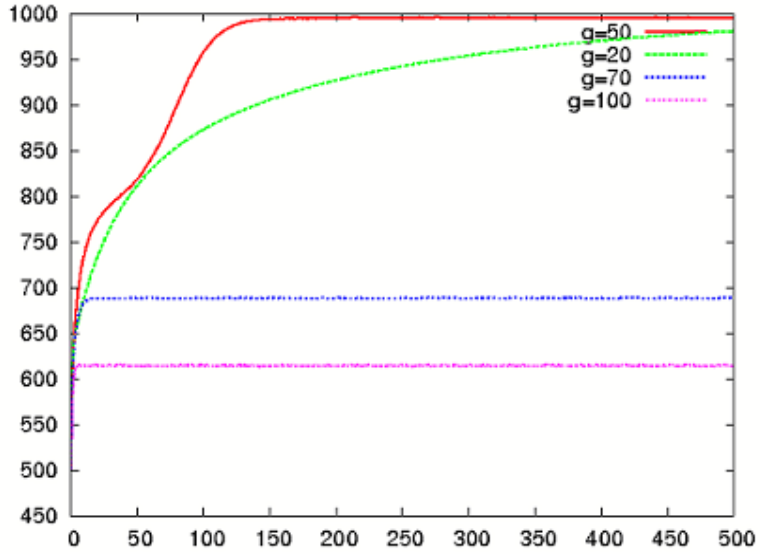
3 Výsledky

Graf závislosti počtu organizací na čase pro různé teploty proměnné části mzdy (Direct)



g - teplota proměnné části mzdy

Graf závislosti počtu zaměstnaných občanů pro různé teploty proměnné části mzdy (Direct)



g - teplota proměnné části mzdy

Z grafů je vidět, že při teplotě proměnné části mzdy 20 a 50 ke konci simulovaného období existuje velice malý počet organizací, který však zaměstnává skoro všechny občany, zatímco při teplotě proměnné části mzdy 70 a 100 je počet organizací vysoký, ale přitom tyto organizace zaměstnávají znatelně méně občanů.

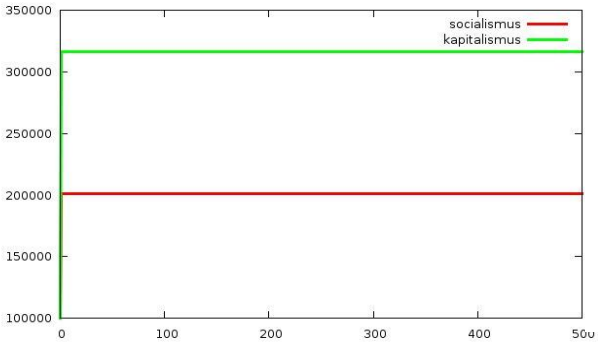
Dále jsme si položili otázku: „Jaké jsou rozdíly mezi kapitalistickým státem, který do ekonomiky zasahuje co nejméně (Př.: nízká minimální mzda) a podporuje podnikatele (Př.: nižší počáteční kapitál pro vytvoření organizace), a socialistickým státem, který podporuje zaměstnance (Př.: vyšší minimální mzda, velké rezervy organizací=stabilita=nepropouštění) na úkor organizací.“

Parametry kapitalistického státu

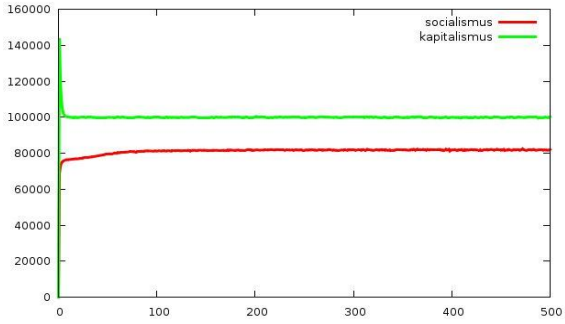
Nutný počáteční kapitál pro vytvoření nové organizace: 70
Procento chudých občanů: 70% Počáteční bohatství chudých občanů: 50
Procento bohatých občanů : 30% Počáteční bohatství bohatých: 120

Parametry ideálního socialistického státu
Minimální příjem: 25% počátečního bohatství
Rezervy organizace: 50% bohatství po vyplacení mezd
Nutný počáteční kapitál pro vytvoření nové organizace: 100
Procento chudých občanů: 1% Počáteční bohatství chudých občanů: 10
Procento bohatých občanů: 99% Počáteční bohatství bohatých občanů: 101

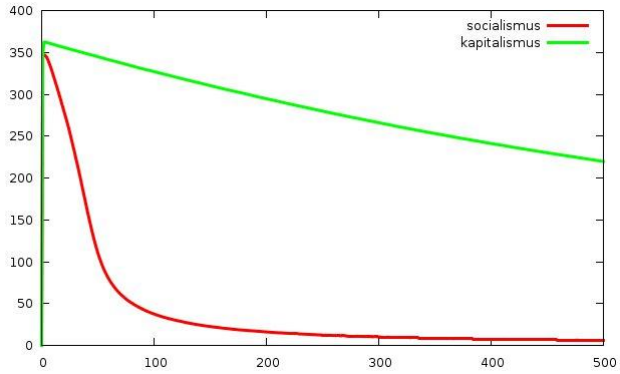
1. Množství peněz v oběhu v čas



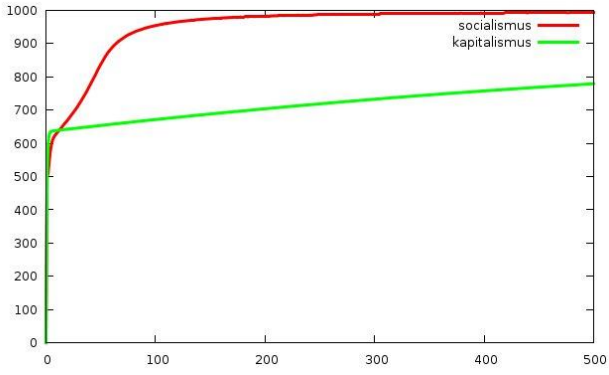
2. Úspory občanů v čase



3. Počet organizací v čase



4 .Počet zaměstnanců v čase



Simulace našich definic kapitalismu a socialismu, nám poskytly data pro porovnání těchto dvou ekonomických politik. Z 1. grafu vyplívá, že kapitalistickou ekonomikou proudí mnohem větší množství peněz než socialistickou. Z 2. grafu je patrné, že i přes vyšší minimální mzdy v socialismu, jsou občané v kapitalismu bohatší. Ze 3. grafu je očividné, že kapitalismus podporuje volný obchod, zatímco v socialismu se vytvářejí monopoly. Ze 4.

grafu můžeme jasně vyčíst, že v socialismu je takřka nulová nezaměstnanost, zato v kapitalismu je poměrně vysoká, i když se časem snižuje.

Z toho můžeme konstatovat, že i přesto, že se socialistický stát snaží podporovat zaměstnance, jsou na tom tito pracovníci hůře, neboť vlastní méně peněz, musejí si kupovat produkty od monopolů, které nic nenutí zvyšovat kvalitu, a i sám socialistický stát je na tom hůře než kapitalistický, neboť ekonomikou proudí méně peněz, a tak i zaplacené daně jsou menší, i přesto že by se mohlo zdát, že tomu má být přesně naopak, neboť přece v socialistickém státě jsou všichni zaměstnaní, a ještě mají vyšší minimální mzdu. Takže se jako výhodnější ekonomický systém z našich dvou zvolených, jak pro občany, tak pro stát, jeví kapitalismus.

4 Závěr

Simulace v modelu EPC nám umožnila sledovat dalekosáhlé důsledky nevelkých změn ekonomiky v delším časovém rozmezí a ve zjednodušené podobě pozorovat hypotetický vývoj hospodářství států s různou ekonomickou politikou.

Socio-ekonomické simulace a specificky EPC model lze využít k modelování ekonomického systému a k testování různých ekonomických politik. Naše ekonomická definice kapitalismu a socialismu, která byla simulována, z našeho pohledu naznačuje vyšší efektivitu kapitalismu nad socialismem, neboť ponechává větší množství peněz v oběhu, umožňuje vyšší totální úspory a větší množství organizací, nicméně celkové množství zaměstnanců je menší.

Poděkování

Poděkovat bychom chtěli především garantovi projektu Hynku Lavičkovi, který připravil program pro simulace a který nám v průběhu výzkumu přispěl množstvím cenných rad. Dále naše díky patří samozřejmě také panu Svobodovi a všem organizátorům Týdne vědy 2012.

Reference:

[1] Lavička H., Lin L., Novotný J., Employment, Production and Concumption Model: Patterns od Phase Transitions, Physica A 389 (2010) 1708-1720.

Termoluminiscenční dozimetrie

Ondrej Smugala, Gymnázium F.V. Sasinka v Skalici
ondrejsmugala@gmail.com

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

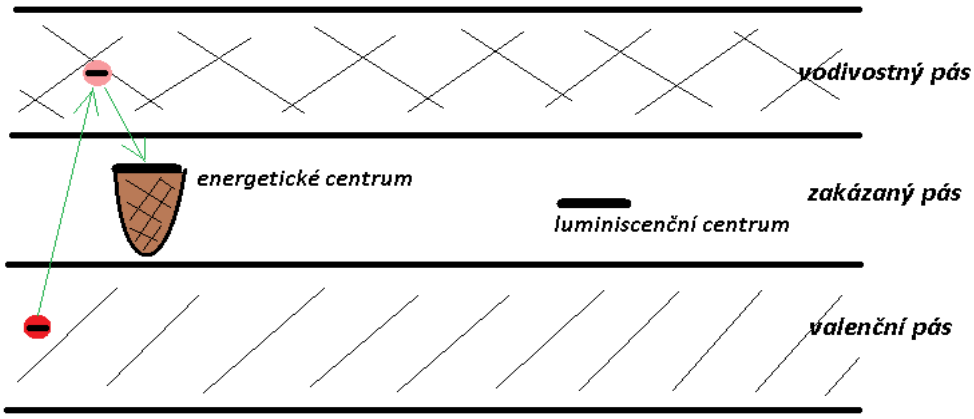
1. Úvod

Cílem této práce bylo seznámit se s problematikou termoluminiscenční dozimetrie, dozvědět se o základních pojmech a principech a aplikovat je v praxi. Cílem bylo také určit dávku záření přijatou jednotlivými sadami dozimetrů. Dozimetrie nám pomáhá dozvědět se o záření, kterému jsme v každodenním životě vystaveni. Osoby vystavené záření používají dozimetry k zjištění množství záření a z toho plynoucí bezpečnost prostředí, ve kterém se vyskytují. Užití nachází i v datování archeologických a geologických nálezů.

Osobní dozimetr pro zachycení záření, kterému je nositel vystaven

2. Teorie

Existují určité látky, které vykazují vlastnosti, díky nimž můžeme určit záření, kterému jsou vystaveny. Když látka absorbuje záření, dochází k tomu, že elektrony, které se normálně nacházejí ve valenčním pásu, excitují do pásu vodivostního. Zároveň vznikají kladně nabité díry. Odtud se pak elektrony vracejí zpět do pásu valenčního, ale může se stát, že „uvíznou“ v zakázaném pásu, který je mezi předchozími dvěma pásy, v energetických centrech, tzv. pastech. Počet elektronů v pastech je přímo úměrný obdrženému záření. Když pak této látce dodáme dostatečnou energii, např. ji zahřejeme, dojde k uvolnění těchto elektronů a při jejich rekombinaci v luminiscenčních centrech dojde k vyzáření fotonu.



Typy pásů v atomech látky

Tuto světelnou energii můžeme zachytit pomocí fotonásobiče. Vstupní okénko fotonásobiče je fotokatoda, ze které může být po dopadu luminiscenčního světla uvolněn elektron. Uvnitř přístroje je pak soustava elektrod s postupně vzrůstajícím napětím. Když je elektron mezi elektrodami urychlován a postupně do nich naráží, dochází k znásobení množství elektronů a jejich energie. Tento znásobený tok elektronů je pak zaznamenáván na výstupu fotonásobiče a dále zpracováván v PC. Počet vyražených elektronů je přímo úměrný počtu fotonů, které do destičky narazí.

3. Pomůcky a přístroje

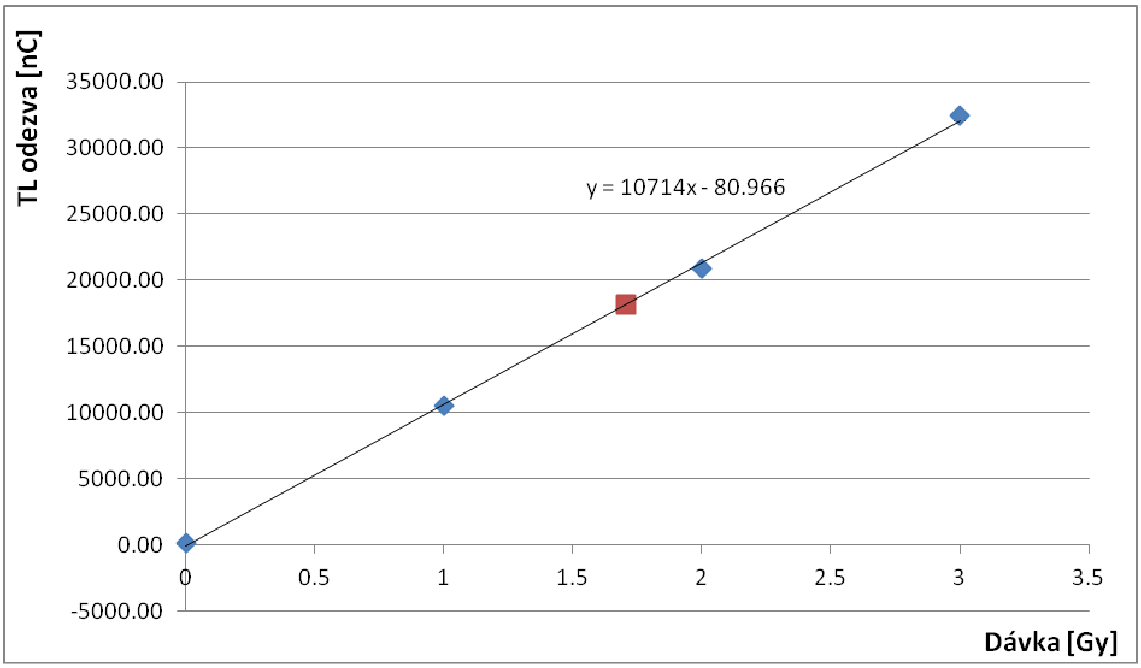
Jako dozimetry jsme použili LiF obohacený o příměsi Mg a Ti, který se označuje zkratkou TLD-1000. Jejich ozáření jsme provedli v přístroji GammaCell 220 (^{60}Co). Přístroj Harshaw Model 3500 Manual TLD Reader jsme použili na zjištění celkového elektrického náboje prostřednictvím fotonásobiče uvnitř tohoto přístroje. Harshaw byl propojen s notebookem, který nám vyhodnotil potřebné informace díky programu WinREMS.

GammaCell 220 (^{60}Co)

Harshaw Model 3500 Manual TLD Reader

4. Postup

Nejprve jsme si připravili 5 sad dozimetrů po 7 kusech. Jednu sadu jsme nechali neozářenou, tři sady jsme ozářili každou jinou známou dávkou záření (1 Gy, 2 Gy, 3 Gy) a poslední jsme ozářili dávkou neznámou. Dávka je úměrná času po jaký byl dozimetr záření vystaven. Díky přístroji Harshaw jsme zjistili odezvu všech sad (neboli znásobený elektrický náboj). Údaje jsme pečlivě zapsali a zpracovali do tabulky v programu Microsoft Office Excel. Následně jsme určili průměrné hodnoty TL odezvy pro dané sady a jejich směrodatné odchylky. Na základě spočtených údajů jsme sestrojili graf závislosti TL odezvy na dávce záření a proložili jej přímkou.



Graf závislosti TL odezvy na dávce záření

Nakonec jsme se zabývali chybami měření a na základě kalibrační přímky jsme určili neznámou dávku záření u páté sady.

5. Shrnutí

Na základě údajů termoluminiscenční dozimetrie jsme sestrojili kalibrační přímku. Prostřednictvím jejího směrnicového tvaru jsme určili neznámou dávku záření, kterému byla vystavena pátá sada dozimetrů. Hodnota této dávky je (1,70±0,03) Gy.

6. Diskuse

Dozvěděli jsme se a ověřili základní principy a pravidla termoluminiscenční dozimetrie a také jsme si objasnili vztah TL odezvy a dávky záření přijaté dozimetrem. Dokázali jsme pomocí přístrojů stanovit jednotlivé dávky přijatého záření jednotlivých sad dozimetrů.

7. Poděkování

Chtěli bychom poděkovat za pomoc a ochotu pana Ing. Tomáše Urbana a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za poskytnutí potřebné techniky a organizace Týdne vědy.

8. 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

Spektroskopické studie na tokamaku GOLEM

Dvořák J. [1], Hujňák J. [2a], Nezval J. [2b], Smísitel P. [3], Kapr J. [4]

[1]Gymnázium Botičská, Praha, dvorak1430@seznam.cz

[2a]Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14, j.hujnak@seznam.cz

[2b]Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14, nezval.jirka@gmail.com

[3]Gymnázium Bučovice, smisa.p@seznam.cz

[4]Gymnázium a Střední odborná škola, Plasy

Abstrakt: S použitím slunečního spektra zkalibrujeme spektrometr, budeme jím pozorovat viditelné vyzařované spektrum tokamakového plazmatu a určíme přítomné nečistoty a jejich vliv na tvořené plazma. Poté zjistíme vliv vypékání tokamaku na množství přítomných nečistot.

1 Úvod

Spektroskopie je vědecký obor, který se zabývá měřením a analýzou a příčinou vzniku spekter elektromagnetického záření. Je to metoda založená na interakci elektromagnetického záření se vzorkem. K měření se nejběžněji používá přístroj zvaný monochromátor umožňující sledování jedné konkrétní úzce vymezené barvy anebo spektrometr umožňující měření celého pozorovaného spektra naráz.

2 Využití

V našem miniprojektu jsme se soustředili na spektroskopii tokamakového plazmatu. Jedná se o dost specifický problém, jehož teoretická analýza je mimořádně komplikovaná a bez perfektní znalosti vlastností pozorovaného plazmatu není jednoduché provézt teoretickou analýzu pozorovaného spektra. Proto jsme se soustředili jen na relativní odhad množství nečistot v plazmatu. Intenzita záření je v aproximaci dané koronálním modelem dána

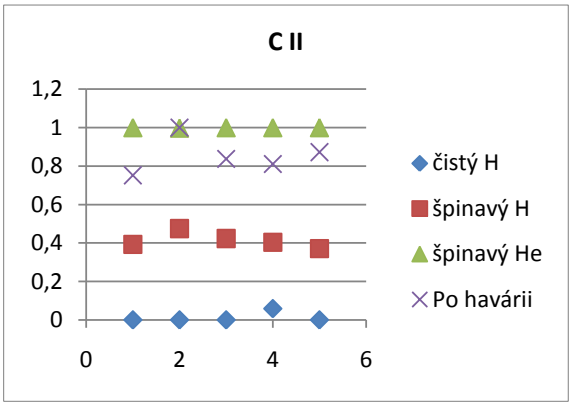
$$I_{ij} = 1/4\pi\, A_{ij}/\langle \sigma v \rangle\, n_e n_i^k$$

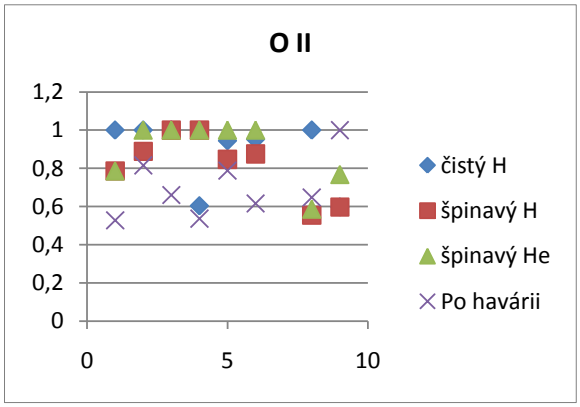
Takže je intenzita záření úměrná mimo jiné i koncentraci zkoumaného iontu n_i^k. A právě toho lze využít pro hrubý odhad jeho relativního množství.

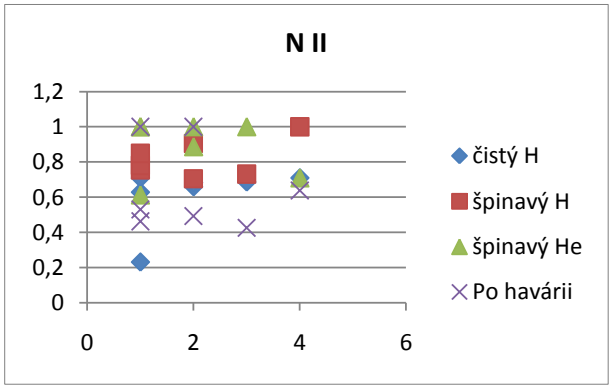
Údaje o množství nečistot je následně možné využít k nalezení efektivnější cesty čištění vakuové komory tokamaku. Je totiž možné provézt několik čistících procedur – například *bombardování* stěn pomocí doutnavého výboje nebo *vypékání*, při kterém se komora ohřeje na vysokou teplotu, a nečistoty přilnuté na stěnách sublimují pryč.

3 Rozpoznávání složení plazmy

Z grafu vytvořeného na základě spekter pořízených spektrometrem můžeme vyčíst informace o složení plazmy. Jedinými pozorovanými příměsemi byly uhlík, dusík a kyslík. Vhledem k relativně nízké teplotě kolem 20eV se v plazmatu vyskytovaly jen jedno a dvakrát ionizované stavy těchto lehkých prvků značení CII, OII, NII. Grafy relativní koncentrace pozorovaných čar pro charakteristické typy výbojů jsou v následujících grafech:





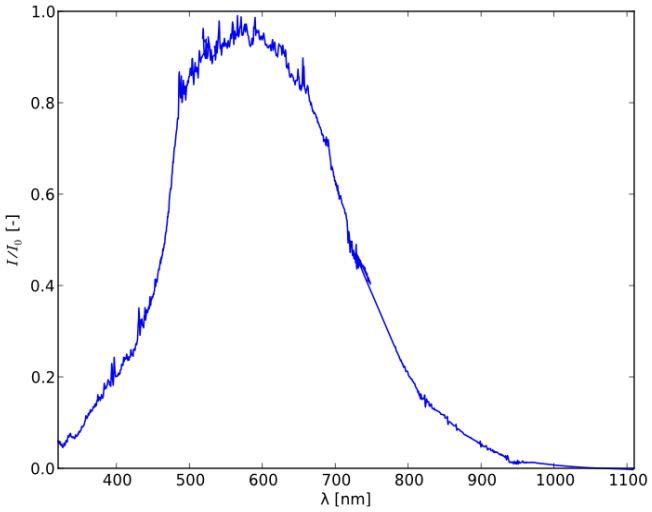


Porovnali jsme tedy spektrum při vodíkovém výboji bez jakéhokoli čištění stěn, vodíkový výboj po vypečení komory, heliový výboj bez čištění komory a porovnali původní stav se stavem po nedávné vakuové havárii.

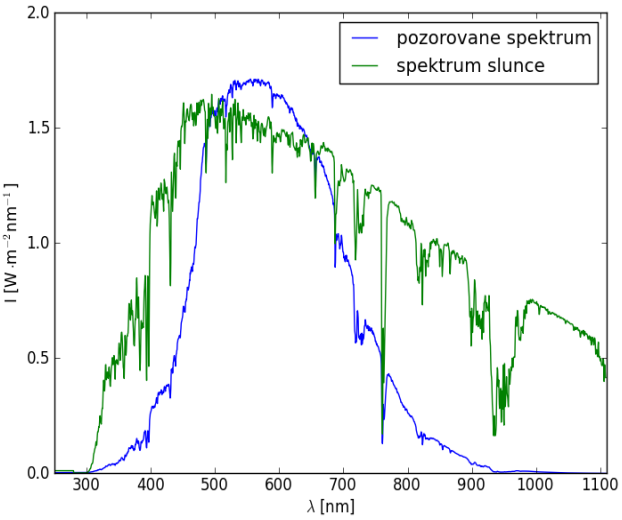
Je vidět, že koncentrace uhlíku razantně poklesla s vypečením komory, ale intenzity kyslíkových a dusíkových čar zůstaly více méně neovlivněny. Možné vysvětlení tohoto chování je, že uhlík, dusík a kyslík se povedlo vypečením ze stěn odstranit, ale nový dusík a kyslík natekly do tokamaku z vnější atmosféry. Množství uhlíku pocházejícího z atmosférického oxidu uhličitého je zanedbatelná, většina ho totiž pochází z par olejové pumpy používané k vyčerpávání tokamaku.

4 Relativní kalibrace spektrometru

Kalibraci citlivosti spektrometru je možné provézt pomocí absolutně kalibrovaného zdroje bílého světla. Ale ten nebyl během našeho měření k dispozici. Proto jsme použili *volně dostupný* absolutně kalibrovaný zdroj světla. Tímto zdrojem není nic jiného než Slunce. Změřením slunečního záření pomocí našeho spektrometru a porovnáním s absolutně kalibrovanými daty dostupnými na internetu [1] můžeme získat odhad citlivosti pro vlnové délky delší než 300nm. Relativní citlivost je v Obr. č. 1.



Obr. 1 Relativní citlivost spektrometru



Obr. 2 Reálné a změřené spektrum slunce

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Tomáši Odstrčilovi za strávený čas a informace, které nám sdělil a provedl nás fundamentální problematikou týkající se užití spektrometrie na tokamaku Golem.

Reference:

[1] NREL's Electricity, Resources & Building Systems Integration Center http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/

Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou

Vzniklo jako příspěvek na minikonferenci k týdnu vědy na jaderce 2012

Martin Cizner
Vojtěch Fišer
Ivo Fukala
Veronika Sochorová

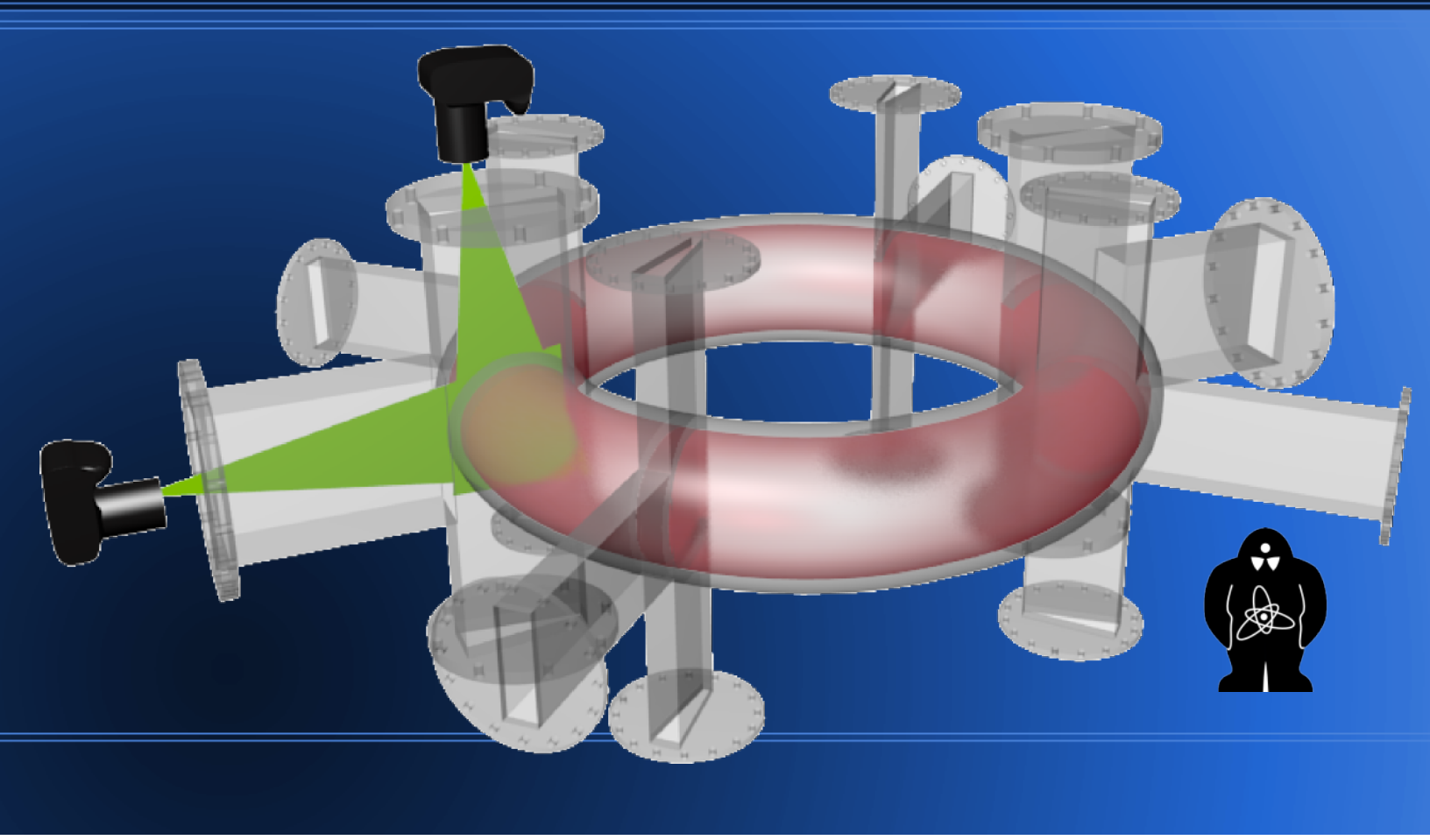
Obsah

- Teorie
  - Tokamak
  - Kamera
    - Snímač
- Praxe
  - Měření
  - Zpracování
    - Časová synchronizace
    - Výpočet pozice
  - závěr

Úvod

- Natáčeli jsme plazma v tokamaku
- Cíle
  - Zjistit polohu plazmatu
  - Porovnat data s jinými metodami (magnetickými)

Tokamak Golem



Vysokorychlostní kamera

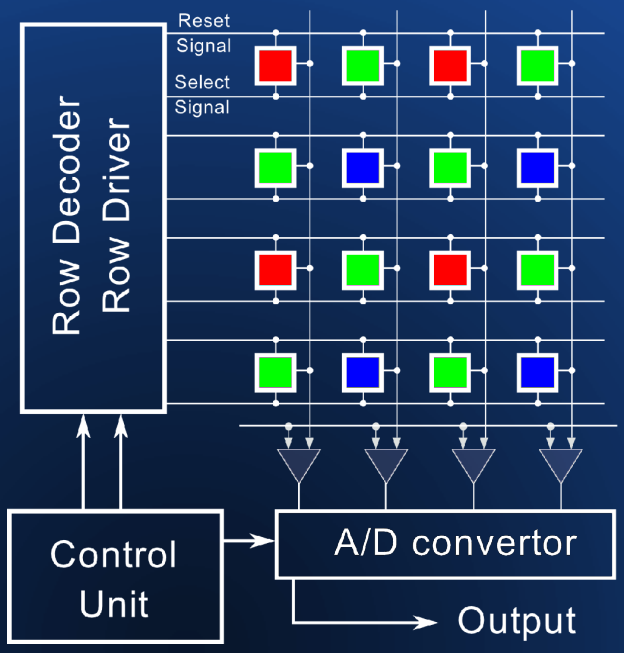
- Casio EX-F1
- 1200 snímků/sekunda
- 8 bit barevná hloubka
- 336 x 96 px rozlišení
- Výhoda – cena

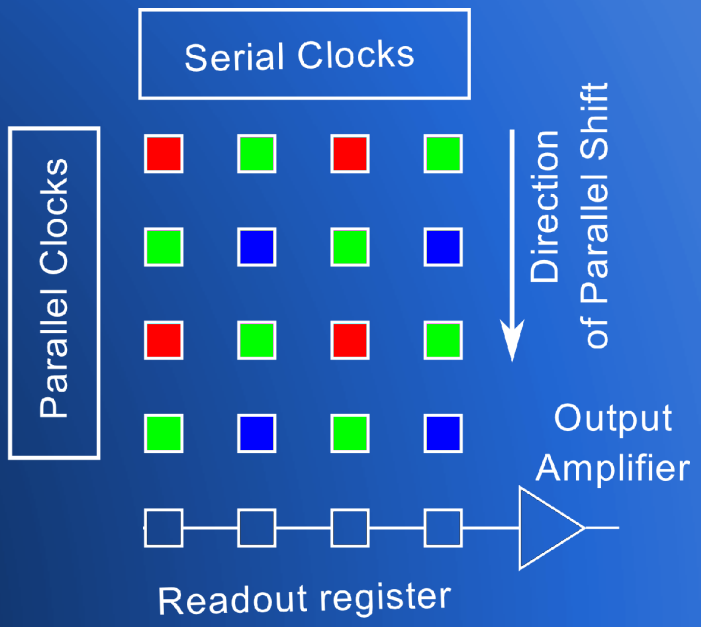
CMOS vs. CCD čipy

- CMOS
- Vyčítání po řádcích
- Horší signál
- Větší rychlost
- Levný

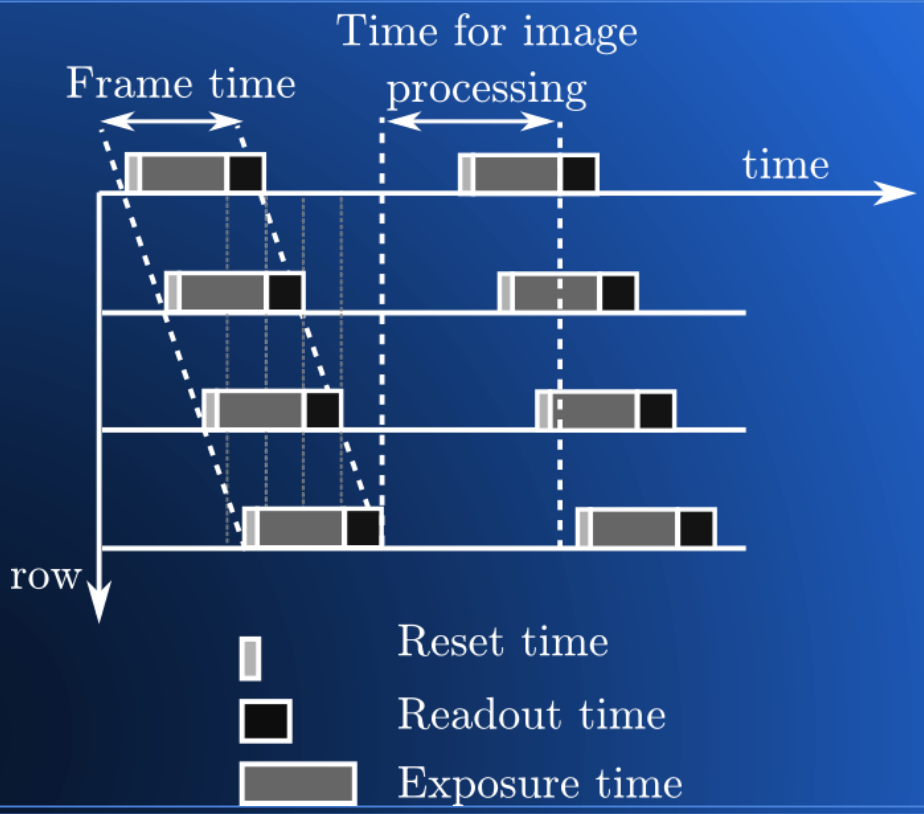
- CCD
- Vyčítání najednou
- Stačí méně světla
- Dražší konstrukce

Rozdíl čtení CMOS a CCD

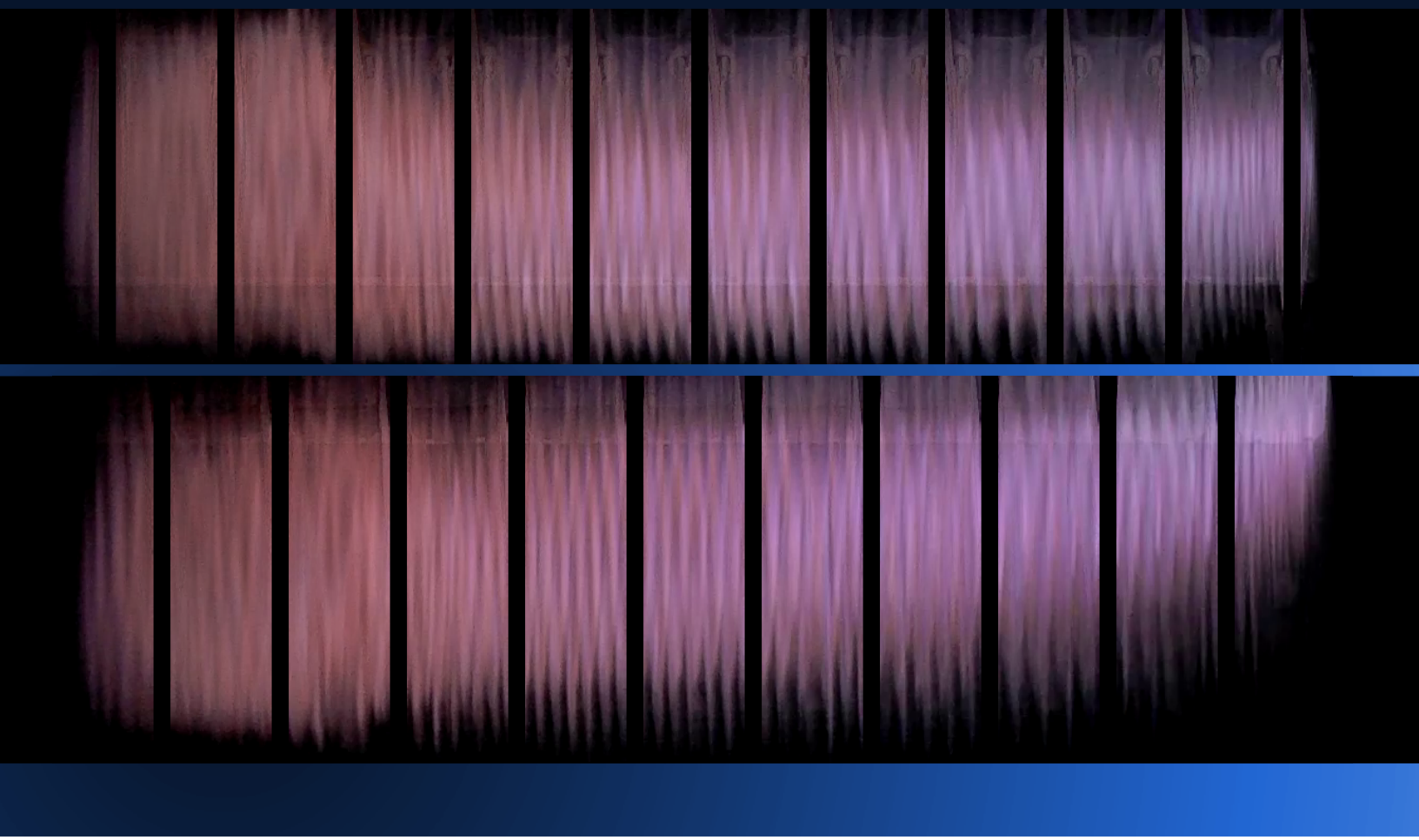




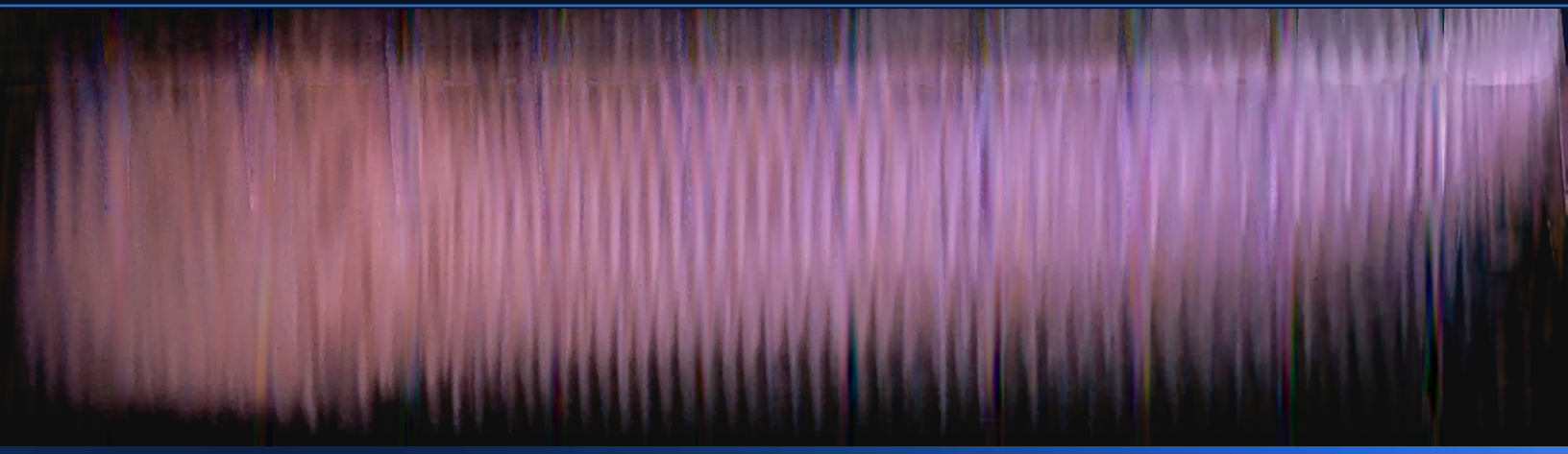
Rolling shutter efekt

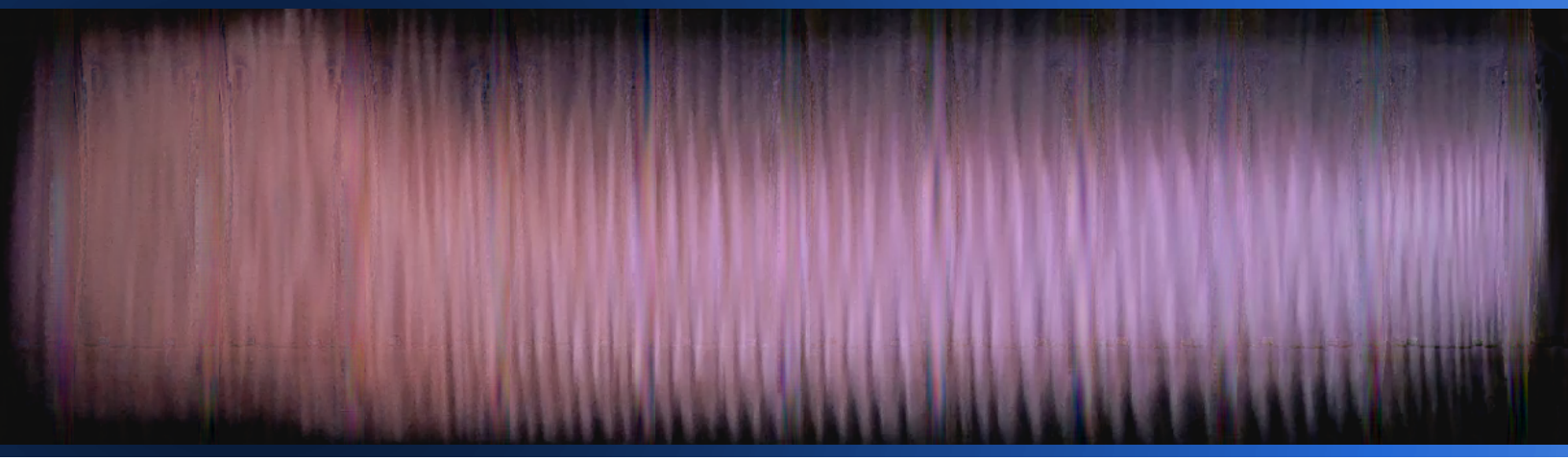


Fotografie

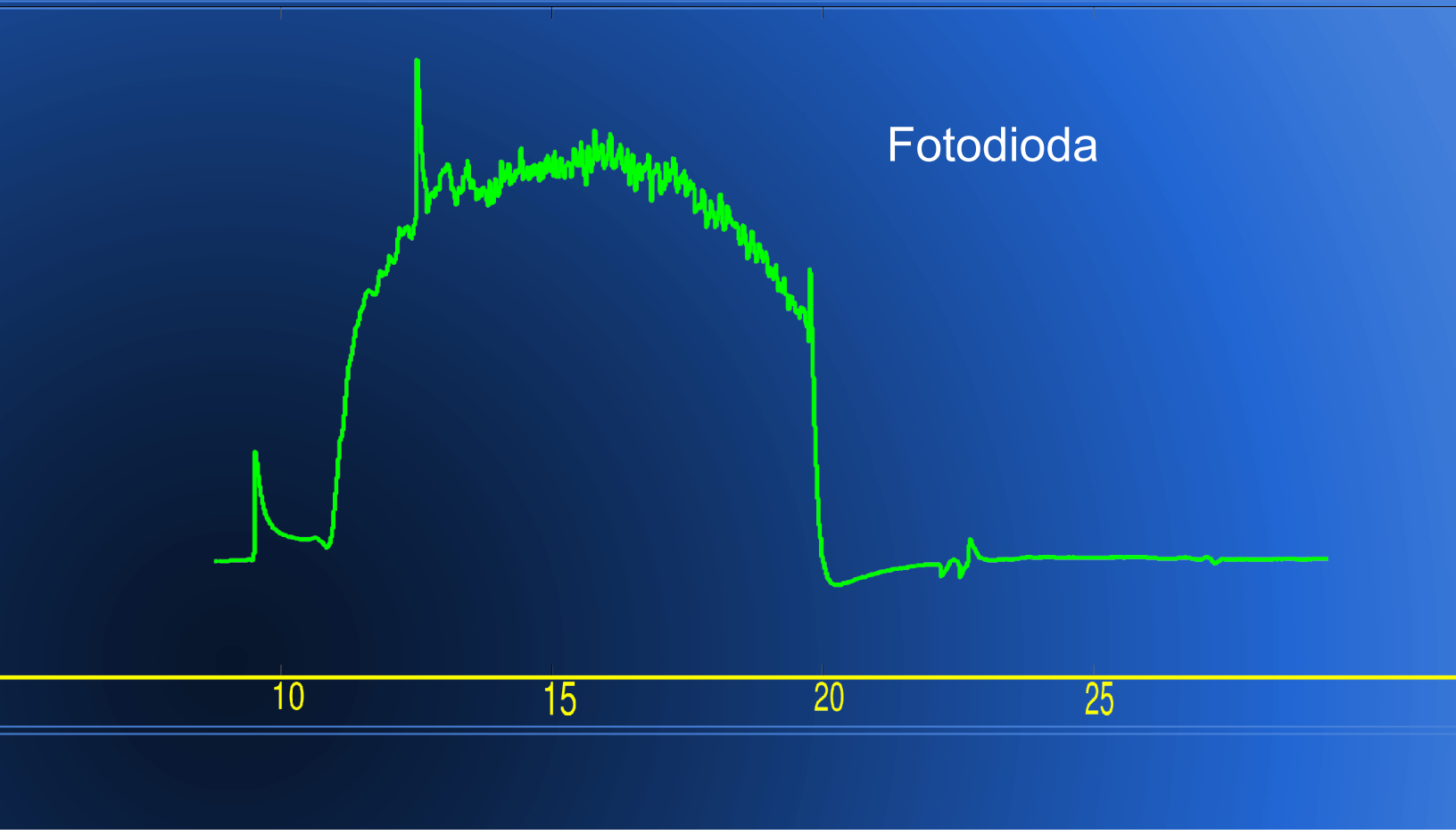


Fotografie

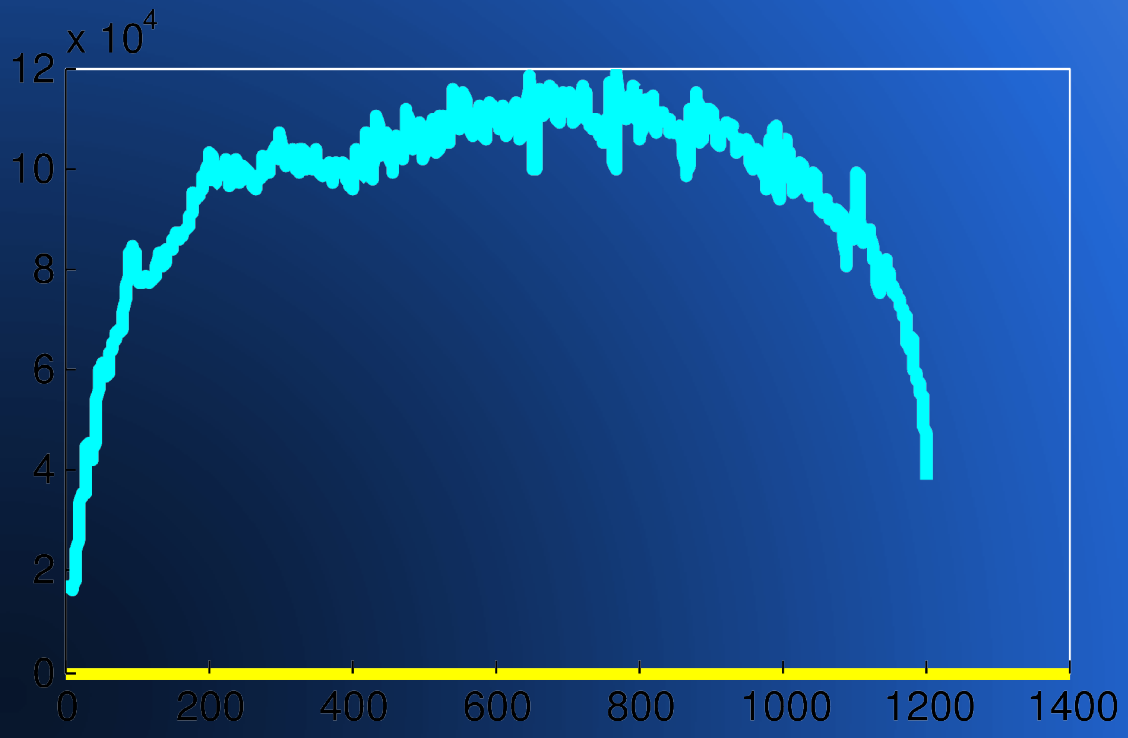




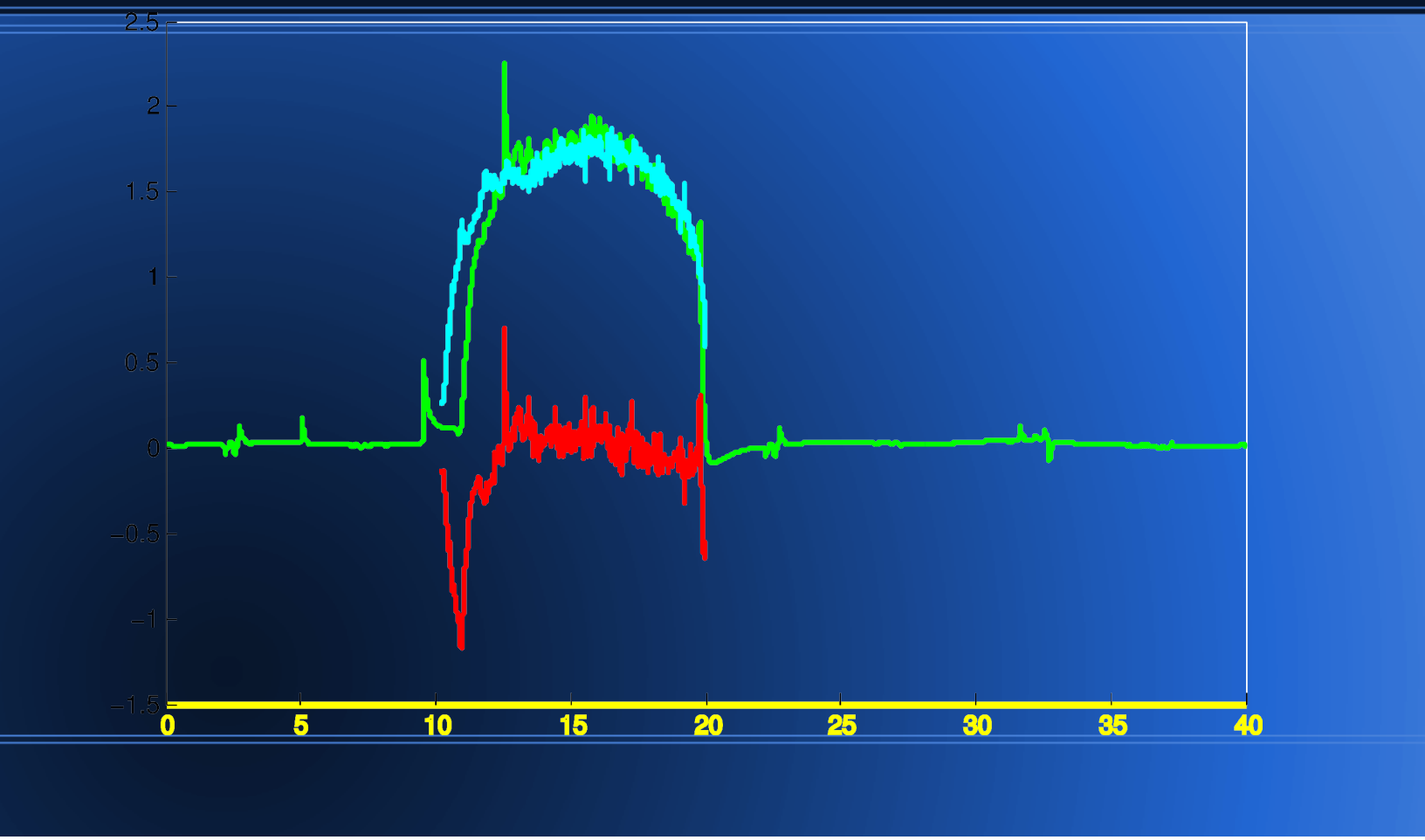
Časová synchronizace



Časová synchronizace



Srovnané

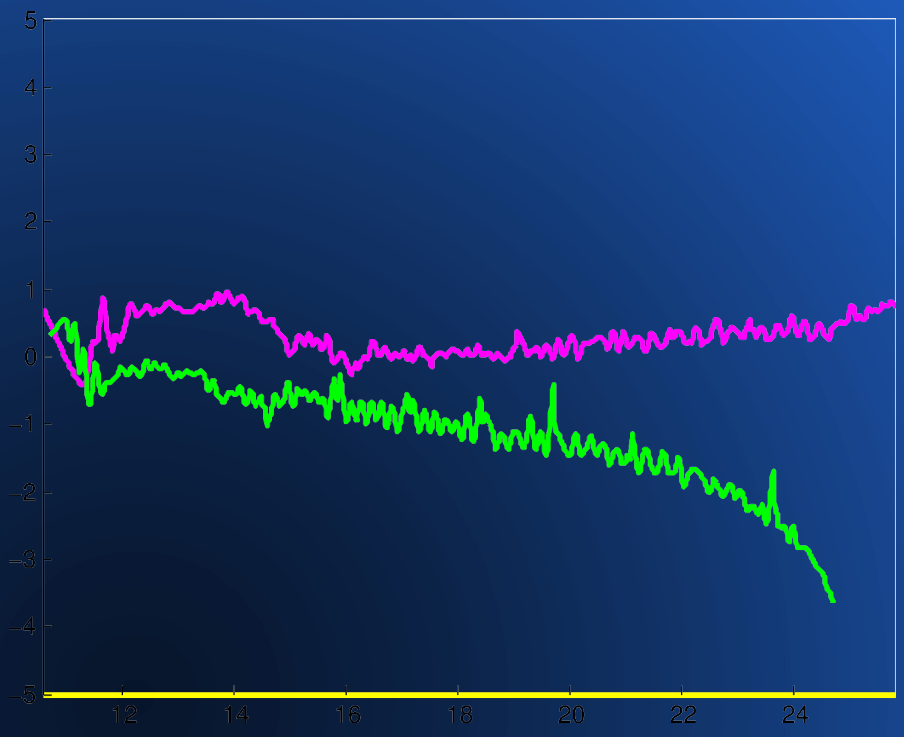


Výpočet pozice

- Těžiště
- Pro každý moment se určí poloha z obou kamer

$$x_t = \frac{\sum m_i x_i}{m}$$

Pozice



Vertikální

Horizontalní

Závěr

- Podařilo se zjistit polohu plazmatu
- Data, která vycházela se zdála být rozumnými
- Nemohli jsme data porovnat

Děkujeme za pozornost

Prostor pro dotazy

Ovlivnění vertikální polohy plazmatu pomocí vnějšího horizontálního magnetického pole

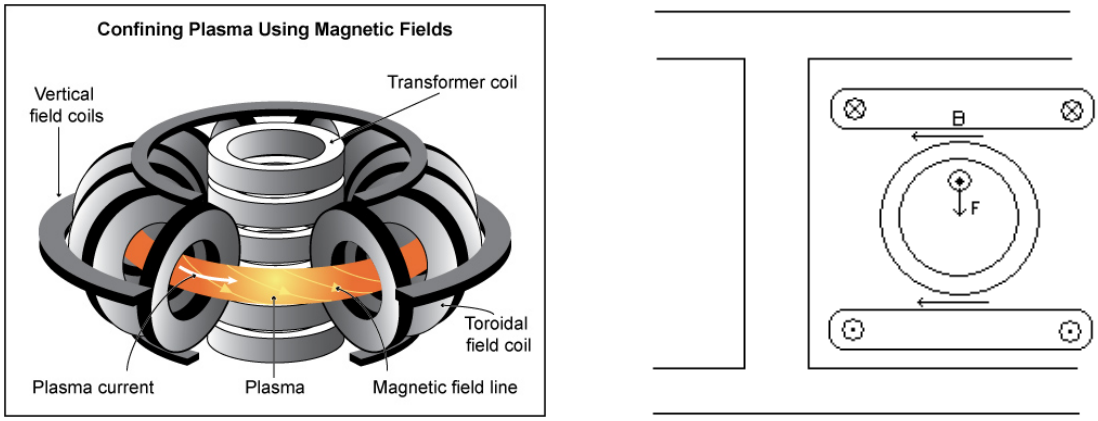
Jakub Smrček, Jakub Kvapil, Adam Hrnčiřík
Gymnázium Na Pražačce, Praha
Gymnázium Ostrov, Ostrov
Masarykovo gymnázium Vsetín, Vsetín

smrcek.j@seznam.cz
kvapil.jakub@gmail.com
adam.hrncirik@mensa.cz

Abstrakt:
Tato práce se zabývá problematikou působení vnějšího magnetického pole na vertikální polohu plazmatu v tokamaku GOLEM. Při měření byla nalezena přibližná optimální hodnota proudu ve stabilizačních vinutích, která zamezuje nežádoucímu pohybu plazmatu směrem vzhůru. Poloha plazmatu je určována jak za pomocí magnetické diagnostiky, tak pozorováním pomocí vysokofrekvenčních kamer.

1 Teoretický úvod

Tato práce se zaobírá měřením polohy plazmatu a jejím následným ovlivňováním pomocí stabilizačních cívek na tokamaku GOLEM. Obsahuje srovnání grafů s visuálními materiály a sledování vlivu externího horizontálního pole na plazma v tokamaku. Plazma, jakožto čtvrté skupenství látky, v nichž jsou elektrony odděleny od atomových jader, se musí udržovat mimo stěny komory, aby nedošlo k jeho ochlazení. Jelikož plazma je tvořeno nabitými částicemi, lze ovlivňovat jeho polohu pomocí magnetického pole na základě působení Lorentzovy síly, protože plazmatem v tokamacích protéká proud.



Obr. 1: Schéma zapojení externího magnetického pole. Vlevo [1] obecná konfigurace vinutí v tokamaku. Vpravo použitá konfigurace stabilizačních vinutí při experimentu na tokamaku GOLEM.

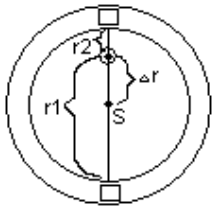
2 Experimentální část

Ovlivňování vertikální polohy plazmatu pomocí stabilizačních cívek

Obrázek č.1 vlevo znázorňuje hlavní vinutí tokamaku spolu se stabilizačními cívkami. Na obrázku č. 1 vpravo je znázorněno zapojení polarit cívek stabilizačního vinutí na tokamaku GOLEM použité při experimentu. Jelikož předchozí měření naznačily, že plazma na tokamaku GOLEM má tendence směrovat nahoru, zapojení je takové, aby měla Lorentzova síla působící na plazma směr dolů.

Měření vertikální polohy plazmatu

Určení vertikální polohy plazmatu se zjišťuje pomocí Mirnovových cívek, které se nacházejí na horní a dolní části toroidální komory. Protékající proud plazmatem vytváří magnetické pole, které poskytuje informaci o poloze plazmatu, jak je ilustrováno na obrázku číslo 2.



Obr. 2: Řez komorou tokamaku. S označuje střed komory, Δr značí vertikální posunutí plazmatu oproti středu komory, r1 a r2 jsou vertikální vzdálenosti středu plazmatu od spodní a vrchní cívky.

Za předpokladu, že B2 označuje magnetickou indukci detekovanou na vrchní cívce a B1 na cívce spodní, pro Δr platí:

$$\Delta r = r_0 \frac{B_2 - B_1}{B_2 + B_1}$$

kde r0 je poloměr komory. Polohu plazmatu lze odhadnout i vizuálně, a to pomocí vysokofrekvenčního fotoaparátu. V předložených výsledcích jsou užity a porovnány obě metody.

Měření délky existence plazmatu

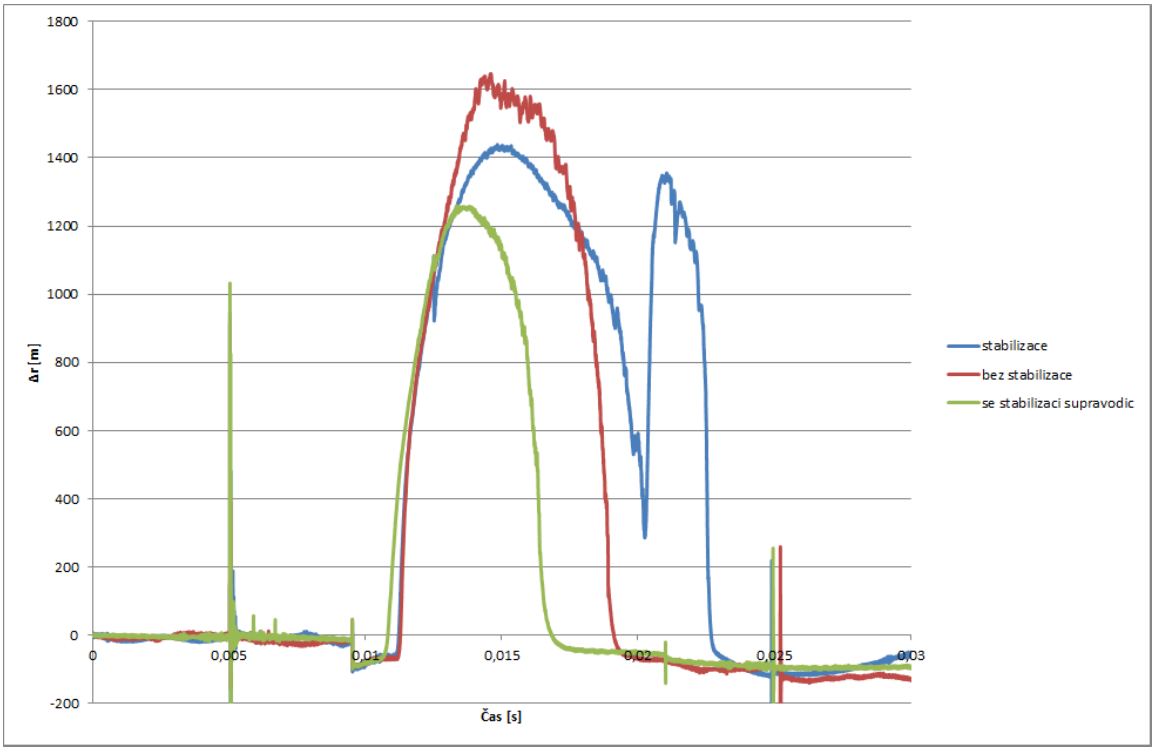
Je bezpečné předpokládat existenci plazmatu, je-li detekován proud jím procházející. Detekce tohoto proudu se provádí bezkontaktně pomocí tzv. Rogowského pásku, a to měřením magnetického pole generovaného měřeným proudem. Takto určená doba existence plazmatu byla zanesena do grafu závislosti na proudu ve stabilizačních vinutích, aby bylo viditelné srovnání většího množství efektů síly, protože síla působení je přímo úměrná proudu ve stabilizačních vinutích.

3 Výsledky

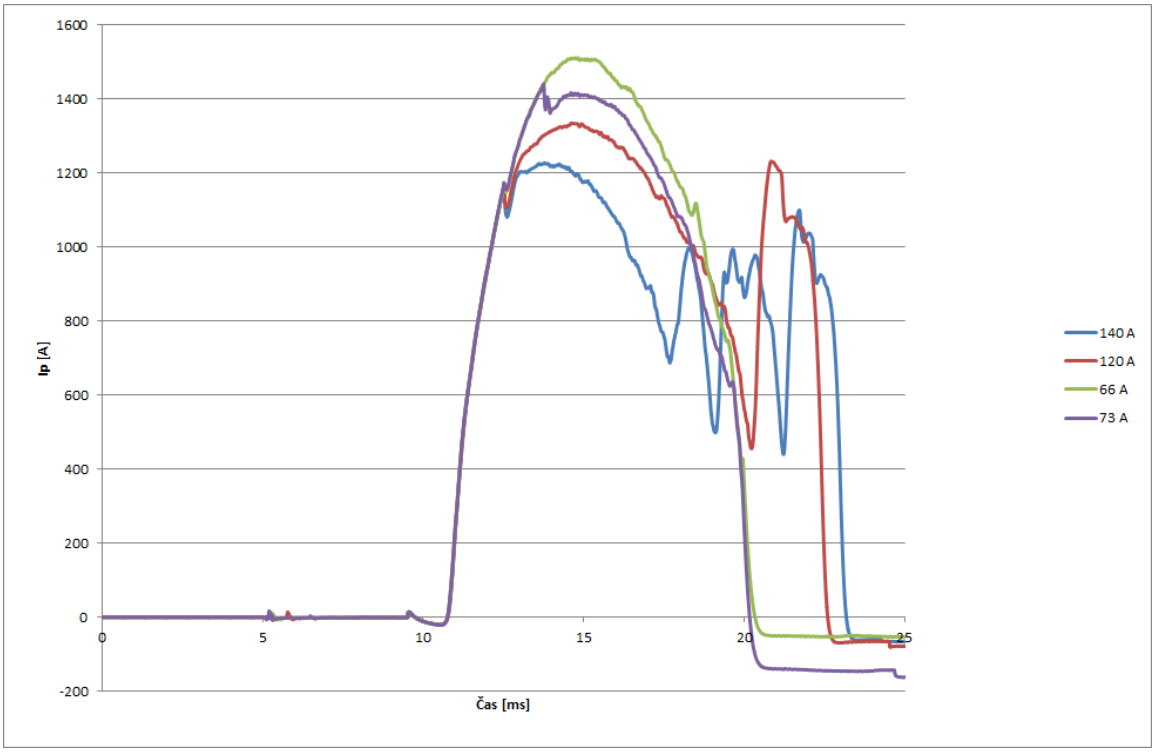
Byla provedena série výstřelů s rozdílnými proudy ve stabilizačním vynutí, včetně výbojů bez stabilizace. Při zapnuté stabilizaci je možné si všimnout, že ke konci výboje dochází k neočekávanému nárůstu proudu, viz. Obrázky číslo 3 a 4.

Obrázek číslo 5 popisuje různá vertikální vychýlení plazmatu určené pomocí Mirnovových cívek, dle vztahu uvedeného v sekci 2.

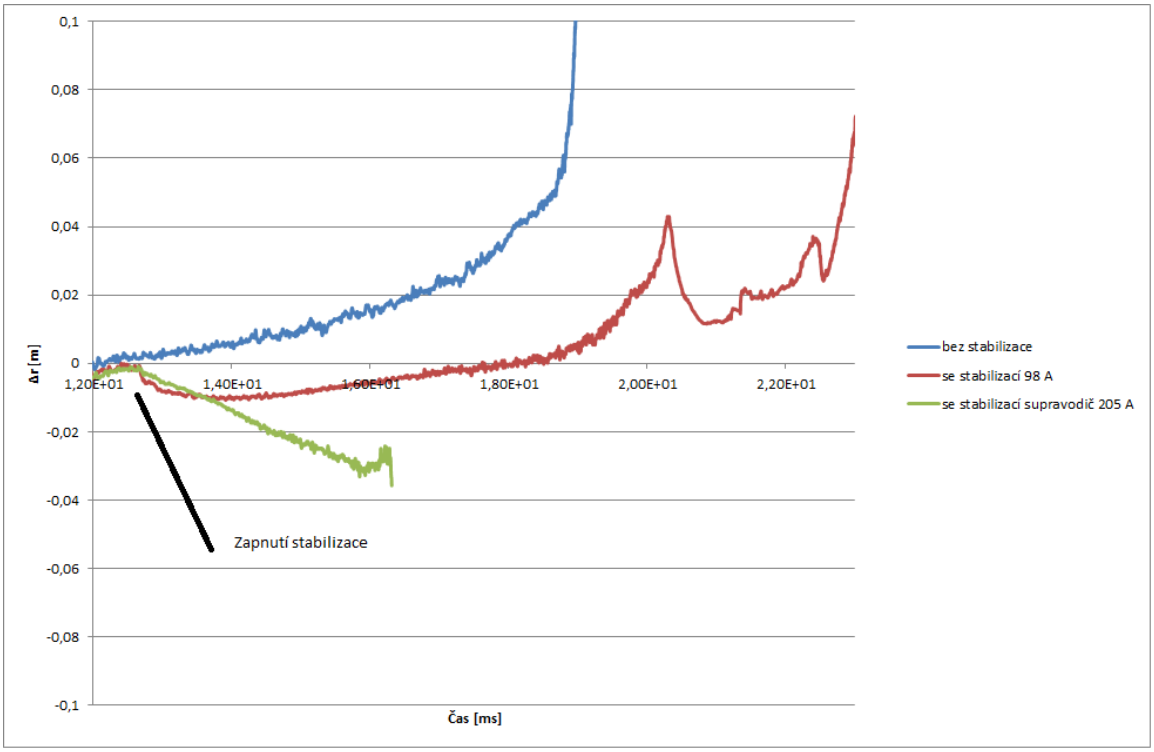
Obrázek č. 6 visuálně znázorňuje polohu plazmatu z pohledu vysokofrekvenčních kamer, které pozorují viditelné záření plazmatu. Data jsou totožná s obrázkem číslo 5. Obrázek číslo 7 poskytuje přehled doby existence plazmatu v závislosti na proudu ve stabilizačních cívkách.



Obr. 3: Závislost proudu v plazmatu na čase pro různé proudy stabilizací.

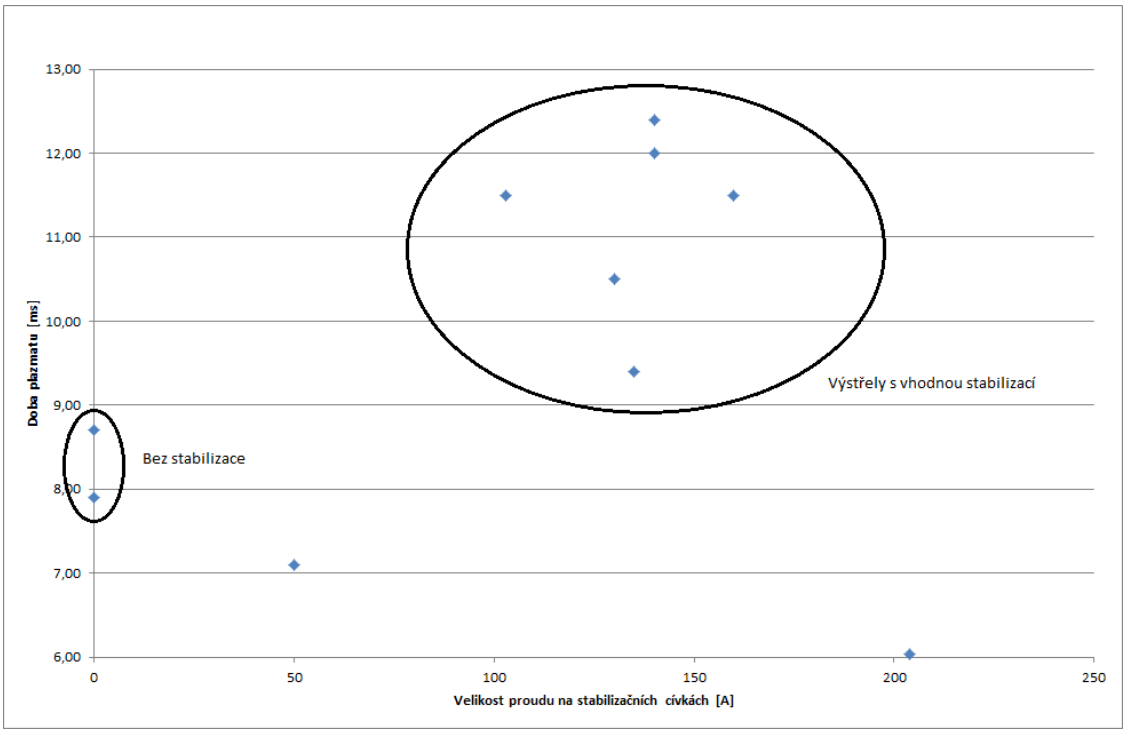


Obr. 4: Závislost proudu v plazmatu na čase pro různé proudy stabilizací.



Obr. 5: Vývoj vertikální polohy plazmatu v závislosti na čase

Obr. 6: Snímek zobrazuje vývoj vertikální polohy zaznamenaný vysokorychlostní kamerou. Horní obrázek odpovídá křivce se stabilizací a proudem 98 A, střední bez jakékoliv stabilizace a spodní se stabilizací a proudem 205 A.



Obr. 7: Obrázek obsahuje databázi závislosti doby existence plazmatu na velikosti proudu na stabilizačních cívkách.

4 Diskuse

Zdá se, že plazma na tokamaku GOLEM má tendence za nepřítomnosti stabilizačního pole směřovat nahoru, o čemž vypovídají obrázky číslo 5 a 6. Na obrázku číslo 5 je vidět okamžik spuštění stabilizace na 12,5 ms. Do tohoto okamžiku byla poloha plazmatu vždy stejná. Poté je eventuelně spuštěna stabilizace, která vyvolá posun plazmatu směrem dolů. Při proudu o velikosti 98A na stabilizačním vinutí dochází k udržení plazmatu v optimální rovině, jak ukazují obrázky 4, 5 a 6, což vede k prodloužení jejího existence. Ale, za příliš velkého proudu na stabilizačních vinutích dochází ke stržení plazmatu k dolní stěně komory, což vede ke zkrácení doby jeho existence, což ukazují obrázky číslo 5, 6 a 7. Dle shrnující analýzy závislosti existence plazmatu na stabilizaci, která je na obrázku 7, je možno říci, že optimální velikost proudu při stabilizaci jednoznačně prospívá prodloužení existence plazmatu.

5 Shrnutí

Během měření se prokázalo, že plazma v tokamaku GOLEM má tendence k pohybu směrem vzhůru. Při aplikaci vhodného stabilizačního magnetického pole, se tento pohyb omezil, což vedlo k pozitivnímu ovlivnění délky existence plazmatu o 1 až 5 ms. Aplikované magnetické pole stabilizace nesmí být příliš silné, což by vedlo k prudkému pohybu dolů a následnému zhoršení doby jeho existence o 2 až 3 ms oproti výboji bez stabilizace, což nejlépe ilustruje obrázek číslo 6. Uvedené výsledky měření jsou zatím předběžné, a pro lepší pochopení problematiky je nutno zpracovat větší množství dat do databáze.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI ČVUT za pořádaný Týden Vědy. Dále našemu supervizoru Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za poskytnutí techniky a garantovi našeho projektu Bc. Tomáši Markovičovi.

Reference:

[1] Tokamak operating principle URL: http://www.generalfusion.com/images/expand/plasma_currant.jpg [cit. 2012-06-19].

Měření rentgenového záření na tokamaku GOLEM pomocí scintilačního detektoru

A. Zaykov *, J. Hladík **, K. Takáčová ***

19. června 2012

Gymnázium Teplice, ** Gymnázium Pelhřimov, *** Gymnázium Náchod

Abstrakt

Úkolem tohoto experimentu bylo detekovat a změřit rentgenové záření, emitované z tokamaku GOLEM. Byl zkoumán vliv velikosti magnetického pole na tvar energetického spektra a intenzitu vznikajícího rentgenového záření.

1 Úvod

Tokamak je nádoba používaná kvytvoření, udržení a zkoumání termojaderné fúze (v našem případě pouze plazmatu), která má být vbudoucnu velkým zdrojem energie. Plazma je vysoce ionizovaný plyn, který velmi dobře vede elektrický proud a má vysokou teplotu. Plazma se ohřívá pomocí Faradayova principu elektromagnetické indukce. Aby se zabránilo styku plazmatu skomorou, využívá se toroidálních cívek, které generují magnetické pole.

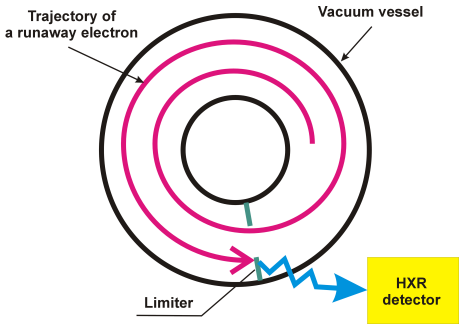
2 Teorie

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění s vysokou frekvencí a energií. . Toto záření vniká během plazmatického výboje. Následujícím způsobem: v plazmatu se indukuje elektrické pole, které urychluje část elektronů jedním směrem,což má za následek vlečení elektrického proudu prstencem plazmatu. Pokud je rychlost elektronů vyšší než kritická hodnota, elektrony se přestávají srážet a jsou neustále urychlovány a obíhají. Při každém oběhu získají energii $e \times U_{loop}$, kde e je náboj elektronu 1.6×10^{-19} C a Uloop je napětí na prstenci plazmatu,které se nazývá napětí na závit. Elektrony, které se nazývají ubíhající (runaway electrons) se pohybují po spirálovité trajektorii, která při každém oběhu zvětšuje svůj poloměr. Po určitém počtu oběhu dopadne elektron na limiter. Při interakci elektronu s pevnou látku se vyzáří foton, jehož energie zhruba odpovídá kinetické energii elektronu. Což je názorně vidět na obrázku 1.

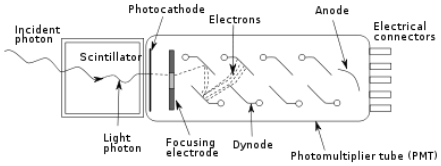
3 Experiment

3.1 Uspořádání experimentu

Energii fotonů měříme pomocí scintilačního detektoru, který je schématicky znázorněn na obrázku 2. Foton dopadne na scintilátor a vygeneruje foton ve viditelné oblasti spektra, který se poté registruje fotonásobičem. Foton dopadne fotokatodu z které vyrazí elektron, který je



Obrázek 1: Schéma generování ubíhajících elektronů

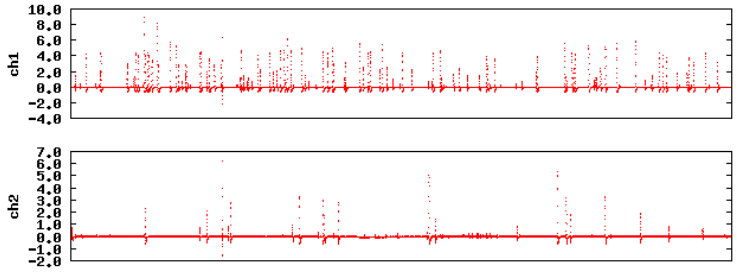


Obrázek 2: Princip scintilačního detektoru

násoben systémem dynod, jak je patrné z obrázku. Na anodě se vytvoří napěťový impuls jehož amplituda je úměrná dopadajícímu fotonu. Napěťový impuls se digitalizuje a výsledný signál se ukládá do databáze tokamaku GOLEM. Detektor byl umístěn vně tokamaku GOLEM blízko Mo-limiteru. Zde se předpokládá největší výskyt a intenzita tvrdého rentgenového záření.

3.2 Porovnání detektorů

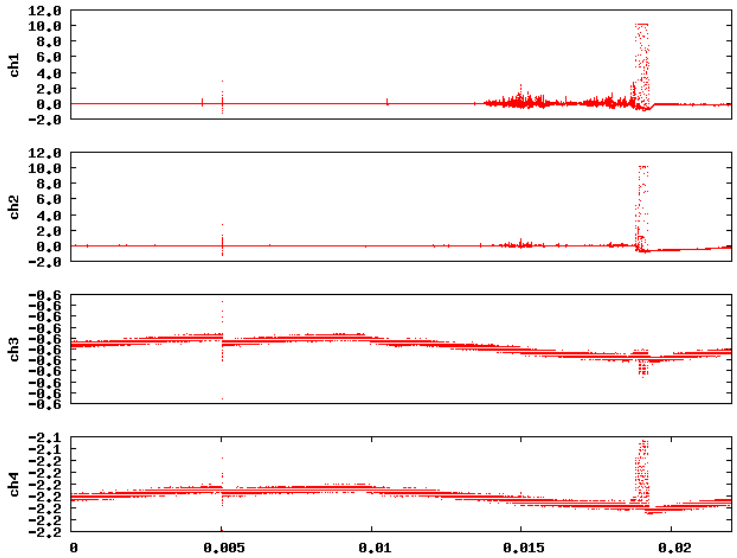
Porovnávali jsme dva typy scintilačních detektorů PHYWE a HAMAMATSU, na které byl přiložen radioaktivní zářič ^{137}Cs.Výsledné signály jsou porovnány na obrázku 3. Horní pa-



Obrázek 3: Graf nahoře znázorňuje fungující detektor. Graf dole znázorňuje nedostatečně fungující detektor. Měřeno je záření z ^{137}Cs

nel znázorňuje signál z detektor PHYWE, spodní z detektoru HAMAMATSU. Je zřejmé, že detektor HAMAMATSU je daleko méně citlivý, a proto jsme dále pracovali pouze s detektorem PHYWE. Z dat ukazáných na horním grafu v obrázku 3 je možné scintilační detektor okalibrovat.

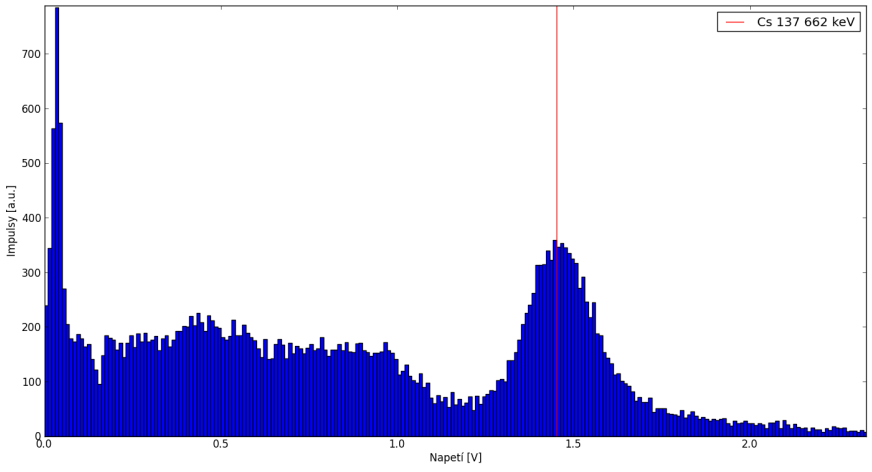
V obrázku 4 je ukázán rozdíl mezi detektory při měření rentgenů při plazmatickém výboji



Obrázek 4: Plazmatický výboj

3.3 Kalibrace

Kalibraci jsme provedli pomocí ^{137}Cs s urychlovacím napětím na fotonásobiči 400 V. Sběr dat trval po dobu čtyř sekund s frekvencí 1MHz. Pomocí histogramu jsme určili charakteristický peak 662 keV ... 1.45 V

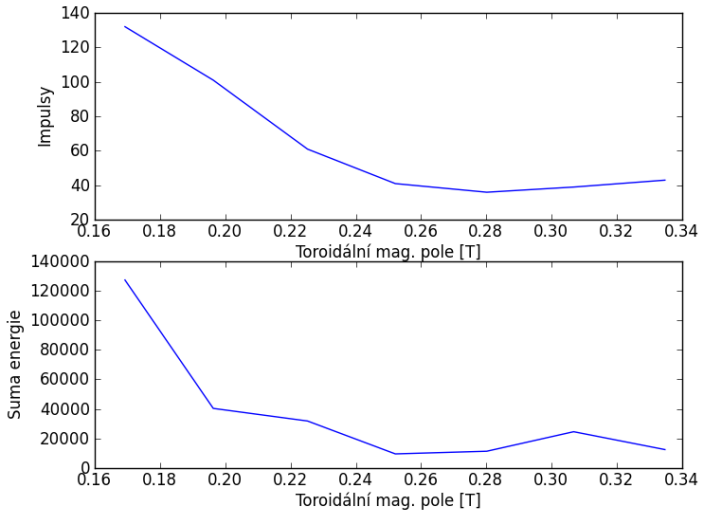


Obrázek 5: Histogram naměřených impulsů pro ^{137}Cs

4 Měření

4.1 Závislost množství tvrdých rentgenů na magnetickém poli

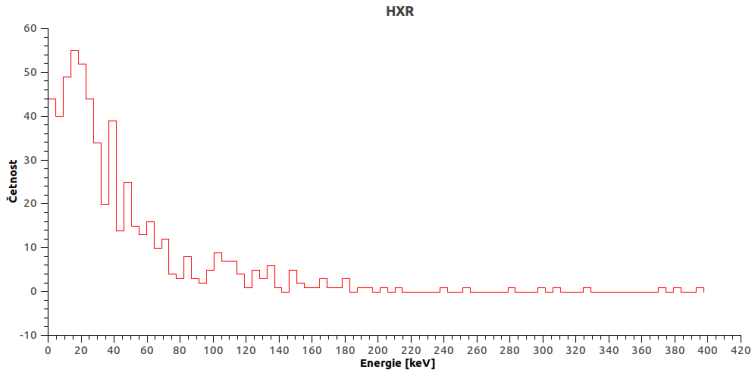
Nabíjecí napětí na kondenzátorech pro torodiální cívky jsme měnili po 100V. Začínali jsme na 600V a končili na 1200V. Výsledky jsou vidět v obrázku 6. Viditelný je pokles energie i počtu peaků s klesajícím mag. polem.



Obrázek 6: Závislost počtu naměřených peaků a sumě jejich energie na toroidálním mag. poli

4.2 Spektrum naměřených rentgenů

Spektrum v obrázku 7 ukazuje detekované rentgeny pro 4 téměř stejných výbojů[1]výboje byly stejné, co se týče parametrů nabíjecích napětí pro kondenzátory}. Největší peak odpovídá energii přibližně 18 keV, což je v oblasti charakterisitckého záření molybdenu.



Obrázek 7: Spektrum pro 4 stejné výboje

[1]{

5 Diskuse

Naměřené hodnoty jsou nepřesné vlivem kosmického záření, další nepřesnosti mohou být způsobeny tzv. koincidencí, kdy se sejdou dva fotony najednou a jejich energie se sečtou. V měření se pak projeví jako jeden velký peak.

Pokles rentgenového záření se zvyšujícím se mag. polem odporuje představě, že v silnějším mag. poli jsou ubíhající elektorny více urychleny a mají mít větší energii.

Záření z molybdenového limiteru by správně nemělo projít ocelovou komorou a cívkami. Navíc napětí odpovídající této energii se už pohybuje v rozmezí šumu.

6 Závěr

Naše měření odhalila vadný detektor a tím jsme zabránili dalším chybným výsledkům.

Vyvinuté algoritmy budou integrovány do automatického systému analýzy dat.

Též byla vytvořena hypotéza o závislosti vzniku tvrdých rentgenových paprsků na napětí v toroidálních cívkách a tudíž i síle elektromagnetického pole. Ta však díky výše zmíněným nedostatkům, tj. koincidence a jev "druhého průrazu", ve kterém se možná vyzářily všechny vysokoenergetické elektrony, vyžaduje další měření a hlubší analýzu dat.

Detekce charakteristického záření molybdenu může být přezkoumána, pokud detektor bude přesunut před skleněnou přírubu, která by měla méně tlumit záření.

7 Reference

- *Golem session: Mon Jun 18 10:35:53 CEST 2012* [online]. 2012 [cit. 2012-06-19]. Dostupné z: http://golem.fjfi.cvut.cz/tasks/Practica/TydenVedy/2012/180612_1035
- *Molybdenum* [online]. 2009 [cit. 2012-06-19]. Dostupné z:

http://xdb.lbl.gov/Section1/Periodic_Table/Mo_Web_data.htm

Simulace provozu JE typu VVER-440

Václav Potužák – Gymnázium Sokolov
Jan Petřík Gymnázium Chomutov
Jan Maloušek SPŠ Třebíč

Abstrakt:
Jaderná energie je v dnešním světě velmi významným zdrojem elektrické energie. K bezpečnému provozu je vyvinut propracovaný systém řízení. Vedle technického zabezpečení je jaderná elektrárna (JE) řízena i operátory, kteří jsou před vstupem do reálného provozu, školeni na simulátorech a později i na trenažérech. V rámci našeho miniprojektu jsme se seznámili s řízením JE typu VVER-440, která je v ČR provozována v JE Dukovany.

1 Úvod

JE funguje na principu přeměny jaderné energie převody přes další energie na energii elektrickou. Jaderná energie je uvolňována při štěpné jaderné reakci, která probíhá v aktivní zóně reaktoru.

Reaktor typu VVER-440 je řazen mezi tlakovodní reaktory, pro jehož provoz se používá palivo, obsahující 4% ^{235}U, neutrony jsou moderována lehkou vodou, která je zároveň i chladivem. V sekundárním okruhu jsou k jednomu reaktoru přiřazeny dva turbogenerátory, které dohromady poskytují výkon 440MW (pozn.: v JE Dukovany byl nedávno výkon navýšen na 500MW). [1]

2 Řízení provozu

Provoz a výkon reaktoru JE je řízen v rámci primárního a sekundárního okruhu, které se vzájemně ovlivňují. V rámci řízení primárního okruhu je regulován samotný výkon reaktoru pomocí rcs, za pomocí změny poloh regulačních kazet a změny koncentrace kyseliny borité. V sekundárním okruhu je řízena výroba elektrické energie v souladu s výkonem reaktoru. Regulace výkonu je řízena dvěma způsoby:

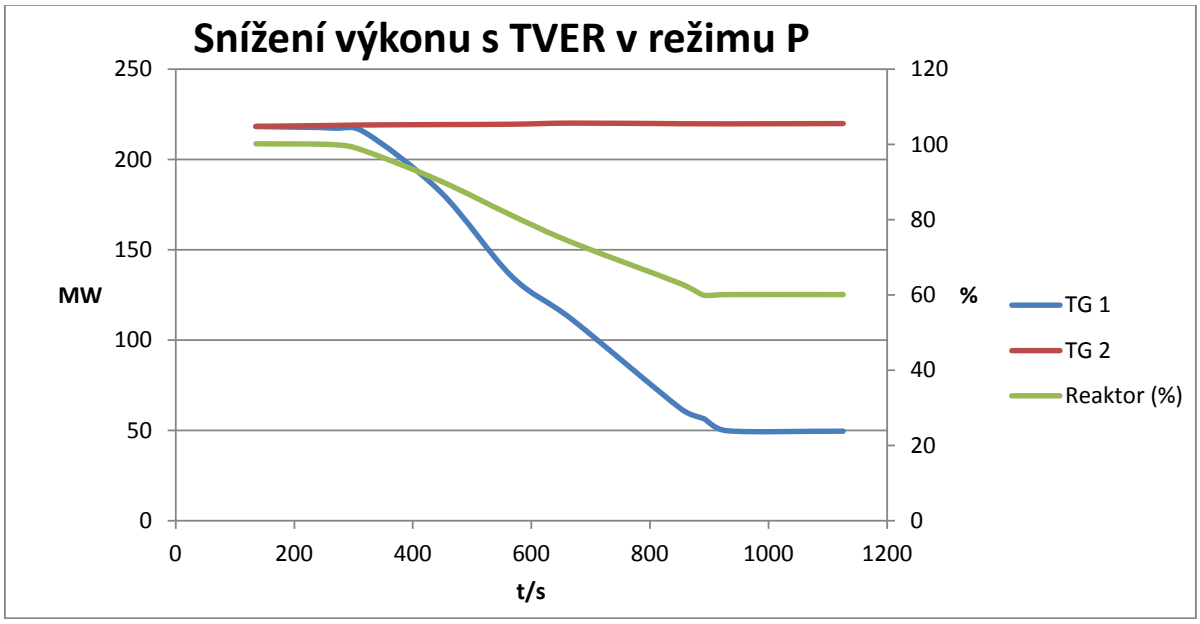
1) od PO (primární okruh) k SO (sekundární okruh), kdy je nastavován výkon reaktoru a sekundární okruh je automaticky regulován.
2) od SO k PO

V rámci našeho miniprojektu jsme používali simulátor SPVS-EDU, který relativně dobře simuluje fyzikální podstatu řízení reaktoru (vyjma některých situací). Ale na rozdíl od trenažéru neposkytuje skutečnou podobu blokové dozorny.

Na simulátoru jsme provedli několik simulací, které jsou běžné v reálném provozu JE jako snížení výkonu nebo plynulé odstavení turbogenerátoru (TG).

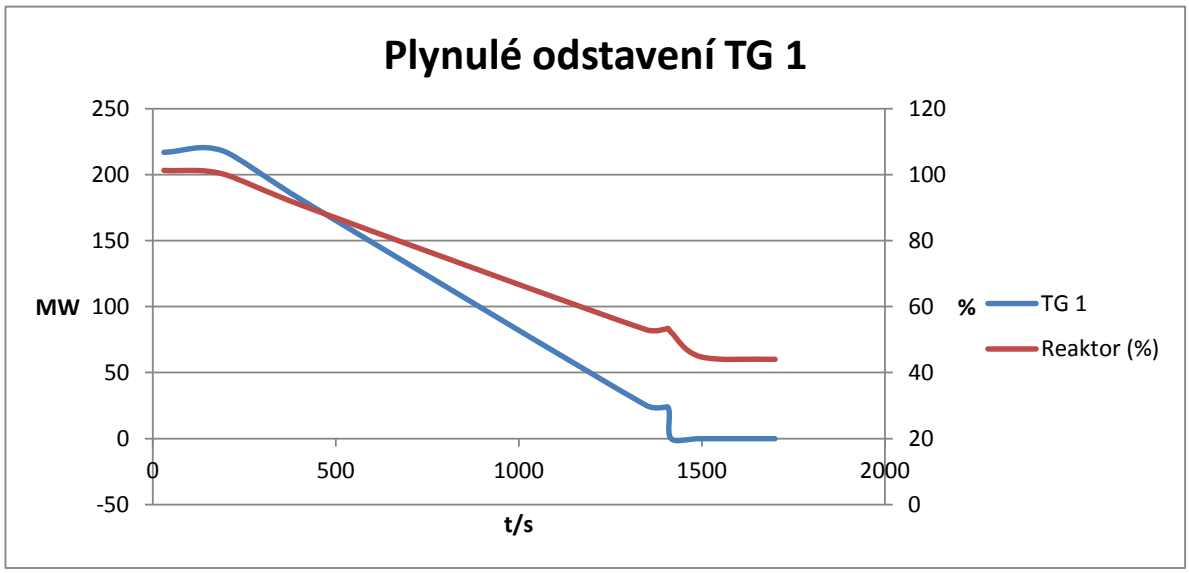
Snížení výkonu s TVER v režimu p (konstantní tlak v hlavím praním kolektoru):

Cílem této simulace bylo snížit výkon reaktoru na 60% nominálního výkonu. Snížení bylo provedeno od PO k SO, výkon reaktoru byl snižován postupným zasouváním regulačních kazet do aktivní zóny reaktoru, čímž došlo ke snížení počtu jaderných reakcí v palivu, což mělo za následek snížení tepelného výkonu reaktoru a snížení produkce páry v parogenerátorech. Sekundární okruh na tuto změnu reagoval snížením tlaku v hlavním parním kolektoru, čemuž se snažil zabránit systém TVER, který snížil průtok páry a tím opětovně navýšil tlak páry na počáteční hodnoty. Celou simulaci znázorňuje následující graf:

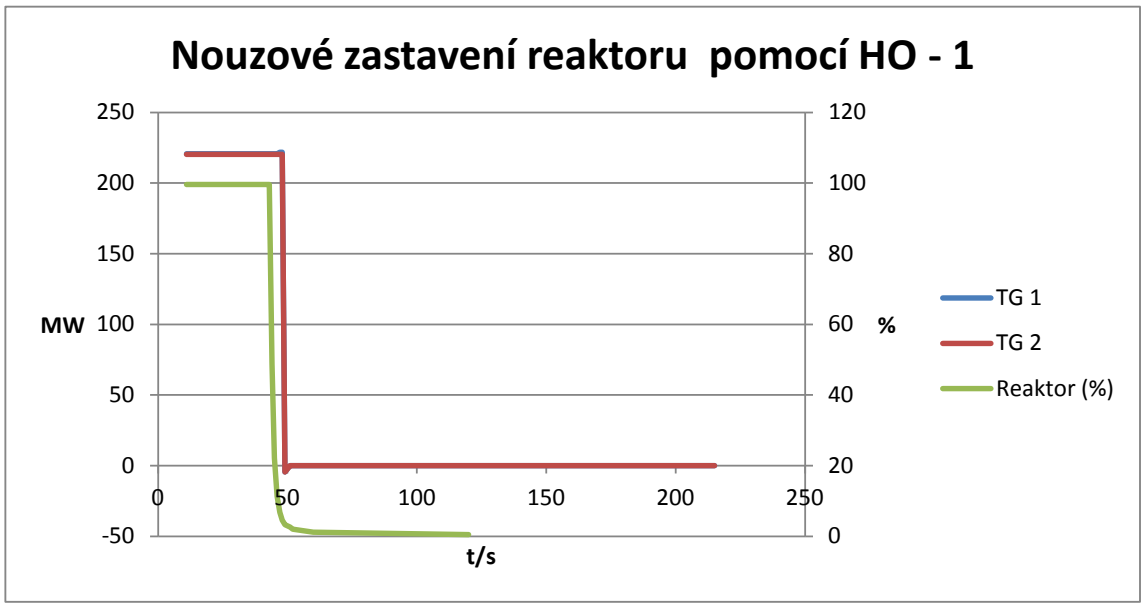


Plynulé odstavení TG:

Tato simulace si kladla za cíl plynulé odstavení jednoho z turbogenerátorů. Odstavení bylo řízeno od SO k PO, kdy byl postupně automaticky snižován výkon TG na minimální hodnotu výkonu (20MW), poté došlo k uzávěru ventilů parovodů k turbíně, a následnému odstavení TG. To mělo za následek zvýšení tlaku v hlavním parním kolektoru. Výkon reaktoru se postupně přizpůsoboval k odebíranému výkonu turbíny za pomocí systému RCS, který detekoval vyšší tlak v hlavním parním kolektoru a díky těmto informacím snížil výkon reaktoru aby se tlak opět navrátil na původní hodnoty. Celý proces popisuje následující graf:



Nouzové odstavení reaktoru (NO-1)
K demonstraci bezpečnosti provozu JE jsme provedli simulace nouzového odstavení reaktoru (HO-1), reaktor byl odstaven zasunutím havarijních kazet do aktivní zóny reaktoru, čímž došlo k zastavení primárních jaderných reakcí. Následně systém zareagoval automatickým odstavením TG a pára byla odvedena přímo přes přepouštěcí stanici do kondenzátoru, aniž by předala svoji energii turbínám.



Poslední simulace demonstruje bezpečnost provozu JE, u které bezpečnostní systémy dokáží uvést elektrárnu do bezpečného stavu i bez zásahu operátorů.

3 Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme se seznámili s fungováním JE. V rámci simulací jsme se zaměřili na jaderný reaktor typu VVER-440 a naučili jsme se základní principy jeho řízení. Vyzkoušeli jsme si i několik nestandardních situací, u kterých jsme se přesvědčili, že bezpečnostní ochrany elektrárny situaci vždy vyřeší, i bez zásahu operátorů.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Dušanovi Kobylkovi, Ph.D. za cenné rady, které nám pomohli k dokončení tohoto miniprojektu.

Reference:

[1] Technologie a zabezpečení | Jaderná energetika | Skupina ČEZ
URL: < http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/edu/technologie-a-zabezpeceni.html> [citováno 19. června 2012]

SPVS+EDU/ETE Príručka používateľa verzi po upgrade 2008

Rozpadové poměry W bosonů

M. Florian (Gymnázium, Brno, Vídeňská) – m.florian@centrum.cz
O. Zaplatílek (Gymnázium, Tanvald) – ota.zaplatilek@seznam.cz
J. Trnavský (Gymnázium, Vyškov) – k.coudy@gmail.com

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo zjistit, co se stane, když se srazí dva protony v urychlovači částic LHC, konkrétně při jeho maximální energii 14TeV. Metoda spočívala v nasimulování situace pomocí programu Pythia a následné interpretaci dat. Zjišťovali jsme, jaký je poměr hadronů, leptonů a jejich kombinací při rozpadech W bosonů vzniklých při srážkách protonů.

1 Úvod:

Postupem času a lidského vývoje bylo potřeba neustále zdokonalovat a zpřesňovat přístroje a zařízení, které vědcům pomáhaly odhalovat nové obzory. Ve zkoumání obrovských kosmických těles vědcům pomáhal už v 17. st. dalekohled. V 19. st. se objevily první teorie o existenci atomů a v průběhu času se vědci dostávali stále hlouběji do struktury hmoty. V dnešní době zkoumáme na LHC částice 10^{13} krát menší než má průměr lidského vlasu.

2 Standardní model částic

Interakce:

Základní interakce umožňují popsat všechny známé způsoby vzájemného silového působení částic. Základní interakce jsou gravitace, elektromagnetická síla, slabá interakce a silná interakce. Interakci zprostředkovávají různé částice, např. foton, gluony a W a Z bosony. Náš miniprojekt se zabýval rozpady W bosony na leptony a hadrony.

Kvarky:

Kvarky jsou hlavní složkou hmoty. Tvoří takzvané hadrony, což jsou například protony a neutrony. Je několik typů kvarků: Up, Down, Strange, Charm, Top, Bottom, ze kterých se různými kombinacemi tvoří hadrony.

Leptony:

Jsou částice na, které nepůsobí silná interakce, a z pravidla jsou velmi lehké. Dělí se na nabité leptony (elektron, mion, tauon) a neutrina. Nebyla však u nich zjištěna žádná vnitřní struktura a proto jsou považovány za dále nedělitelné.

3 CERN

CERN je výzkumné středisko v pohoří Jura na pomezí Francie a Švýcarska. Provádí se zde již řadu let výzkumy týkající se aplikované částicové fyziky a to na experimentech jako jsou například LHC (na místě bývalého urychlovače LEP). Postupně podléhal modernizaci v prospěch urychlení částic na vyšší energii a tím i větší šance na vytvoření jiných dosud nepoznaných částic jako je například Higgsův boson. Urychlovače se dělí na lineární a kruhové při čemž největší energie, které jsme schopni dosáhnout je 7 TeV na jednom urychleném p^+. Proto při následné srážce je energie 14 TeV. Toto jsou jen čísla, ale pro porovnání je energie 1 TeV rovna enegii letícího komára, ale tento proton je trilionkrát lehčí.

4 Metody měření

Pomocí programu Pythia jsme nasimulovali 1 000 000 srážek protonu s protonem při energii 14 TeV. Při nich vnikaly bosony W^+ a W^-. Ty se následně přeměnily na 2 tzv. dcery, což mohou být hadrony (H), leptony (L) nebo jejich kombinace. Program samotný vygeneroval tabulky hodnot pro 1 000 000 srážek a z nich jsme pomocí skriptu extrahovali poměr H+H, L+L, H+L (L+H). Ten jsme následně porovnávali s hodnotami v tabulkách, abychom zjistili, jestli je generátor Pythia dobře „vyladěn“.

eν	10,75%
μν	10,57%
τν	11,25%
Celkem leptony	32,57%
hadrony	67,60%

Tabulka 1:Pravděpodobnost rozpadu W na dané produkty

	simulace	tabulky
hadrony	32,40%	32,57%
leptony	67,60%	67,60%

Tabulka 2:Porovnání simulace a tabulkových hodnot pro jednotlivé rozpady

produkty	Hadrony	Leptony	Hadrony + Leptony
Procenta (simulace)	45,697%	10,514%	43,789%
Procenta (tabulky)	45,91%	10,61%	44,04%

Tabulka 3: Porovnání simulace a tabulkových hodnot pro rozpady 2 W bosonů zároveň

Závěr:

Při porovnání výsledků naší simulace s hodnotami, které jsou napsány v tabulkách [1] jsme zjistili, že hodnoty, které nám vyšly při simulaci, se velmi dobře shodují.

Reference:

[1] J. Beringer *et al.* (Particle Data Group), Phys. Rev. D**86**, 010001 (2012)
[2] Lefevre, C, CERN CO JE TO LHC, *odbor komunikací* CERN 2008
Velký hadronový urychlovač - http://cs.wikipedia.org/wiki/Velký_hadronový_urychlovač – citováno dne 19.6

Zeemanův jev

Andrea Hladíková, Gymnázium J.K.Tyla Hradec Králové, AJA.HLADIK@seznam.cz

Abstrakt

Tento článek je zaměřen na Zemanův jev. Tento jev, objevený v roce 1896, se projevuje na atomech ve vnějším magnetickém poli, které způsobuje štěpení spektrálních čar. Tento jev byl pozorován za pomoci kadmiové výbojky a Fabry-Pérotova etanolu.

Úvod

V roce 1876 objevil P. Zeeman, že spektrální čáry se štěpí, pokud na atom působí vnější magnetické pole. Daný jev pozorujeme při přechodu elektronů z jednotlivých energetických hladin. Při přechodu elektronu z hladiny o vyšší energii do stavu s nižší energií dojde k vyzáření fotonu a proto jsou jednotlivé hodnoty vyzářené energie kantovány. Velikost rozštěpení hladin je přímoúměrná velikosti intenzity magnetického pole, kde konstanta úměrnosti je tzv. Bohrův magneton:

$$\Delta E = -\mu_B B .$$

Atom, jak víme, je základní stavební částicí hmoty, která je chemicky nedělitelná, ale má vnitřní strukturu. Skládá se z kladně nabitého jádra, které obsahuje nukleony, ty mají vnitřní strukturu, tzv. kvarky. Nadále se atom skládá ze záporně nabitého obalu, v němž obíhají elektrony. Elektrony jsou v obalu rozmístěny dle Hundových pravidel, které úzce souvisí s multiplicitou.

Každý elektron má vlastní elementární náboj, orbitální moment hybnosti a vnitřní moment hybnosti (spin). Moment hybnosti elektronu způsobuje elektrický proud, který indukuje magnetické pole, a proto u něj můžeme určit magnetický moment, který je roven:

$$\vec{\mu} = I\vec{A} = I\pi r^2 \vec{n} = \frac{evr}{2}\vec{n}$$

Energetické hladiny se zapisují takto:

$$^{2S+1}L_J$$

Popis energetických hladin využívá celkový moment hybnosti J a L je orbitální moment hybnosti, nadále se zde uplatňuje multiplicita, která je pro dané hodnoty celkového spinu S rovna 2S+1.

Pro náš experiment byl využit prvek kadmium, jehož elektronová konfigurace je [Kr] $4d^{10}\ 5s^2$. Tento prvek je vhodný pro daný experiment, jelikož přechody elektronů v rámci tohoto světla vyzařují fotony, které mají vlnovou délku spadající do viditelného světla. U kadmia je velmi významný přechod $^1D_2 \rightarrow {}^1P_1$, tento přechod se vyskytuje pouze mezi singlety. Tyto stavy se vyznačují tím, že celkový spin obou stavů je nula.

Zeemanův jev

Pokud se bude atom nacházet v magnetickém poli, bude na jeho elektrony působit magnetická indukce daného pole. Tato interakce způsobuje štěpení energetických hladin. Toto štěpení může probíhat jako normální či anomální Zeemanův jev. Normální Zeemanův jev byl brzy podpořen Lorenzovou teorií, která objasňuje polarizaci složek a odvozuje vztah pro velikost rozštěpení. Tato teorie vychází z představy klasického harmonického oscilátoru, tvořeného elektronem v poli odstředivých sil. Pokud by byl elektron v nulovém magnetickém poli, mohl by se pohybovat po přímce v libovolných směrech, pokud bude kmitat více elektronů s různým fázovým posunutím, poté můžeme docílit pohybů po kružnicích či elipsách. Pokud ale elektron umístíme do homogenního pole, poté může vykonávat jen tři druhy periodického pohybu, těmto pohybům odpovídají jednotlivé frekvence. Mezi tyto pohyby patří pohyb ve směru magnetického pole, nebo dva kruhové pohyby, které jsou v rovině kolmé k vektoru indukčního toku.
Elektron v homogenním magnetickém poli dočasně zvyšuje svoji potenciální energii, která je vyvolána jeho excitací. Magnetické pole rozštěpuje energetické hladiny, které mají následně nižší (rozlišné) energetické nároky na excitované elektrony.
Změna potenciální energie elektronu v magnetickém poli je udávána takto:

$$\Delta E = -\vec{\mu} * \vec{B} = \frac{e\vec{v}r}{2}\vec{B} = \frac{e}{2m_e}\vec{l}\vec{B}$$

Pro zjednodušení výpočtů se směr magnetického pole $\vec{B}$ považuje za osu z, pokud využijeme tento směr, pak následně dostaneme, že platí $l_z = m_l * h$, následně můžeme původní vzorec upravit do stavu:

$$\Delta E = \frac{eh}{2m_e} m_l B = \mu_B m_l B$$

Z této rovnice dostáváme konstantu tzv. Bohrův magneton, který udává magnetický moment částic.

$$\mu_B = \frac{gh}{2m_e}$$

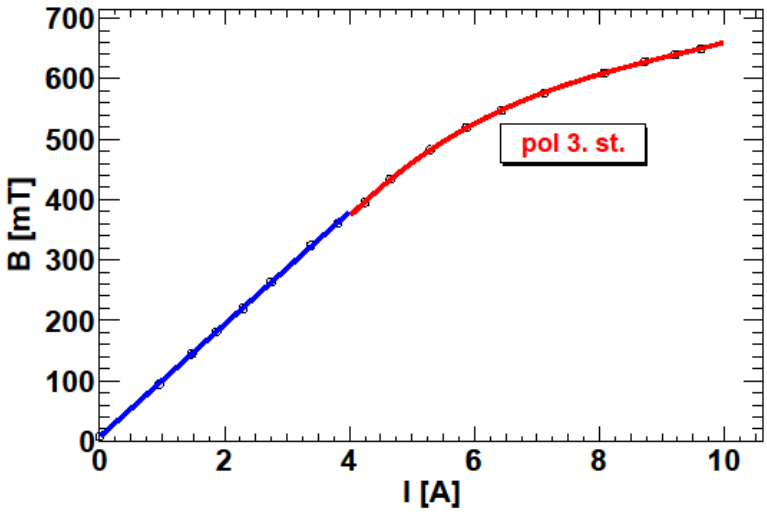
Přechody mezi hladinami jsou řízeny jistými pravidly a proto nemohou probíhat naprosto libovolně. Při každém přechodu elektronu z jedné hladiny do druhé musí být dodržen zákon zachování momentu hybnosti, proto jsou možné jen přechody, které mají celkovou změnu spinu nulovou, tj. $\Delta S = 0$. Podle změny hlavního kvantového čísla rozlišujeme tři druhy polarizace (viz. výše Lorenzova teorie), změna hlavního kvantového čísla může probíhat v rámci tří cifer: -1, 0 a 1. Pokud bude změna hlavního kvantového čísla rovna nule tj. $\Delta L = 0$, poté nastává lineární polarizace typu π. Pokud bude daná změna hlavního kvantového čísla rovna plus mínus jedné tj. $\Delta L = \pm 1$, poté nastává polarizace typu σ, neboli kruhová polarizace. Celkový moment hybnosti následně také nabývá hodnot $\Delta J = 0; \pm 1$.
Polarizace neprobíhají současně, pokud máme optickou soustavu rovnoběžně s působením magnetického pole, poté pozorujeme kruhovou polarizaci, kruhové polarizace neboli σ^+ a σ^- jsou oproti sobě fázově posunuty, proto pro jejich rozlišení je možné použít polarizační filtr. Při manuálním pozorování zjišťujeme, že pokud se jedná o polarizaci σ^-, poté při přidání

magnetického pole se dané interferenční maxima přibližují středu, u σ^+ funguje tato skutečnost opačně.

Vlastní měření

K proběhnutí experimentu je zapotřebí použít Fabry – Pérotův etalon. Na tomto dokonale hladkém rozhraní dochází k mnoha lomům fotonů, na normálním hranolu by rozštěpení hladin nebylo pozorovatelné. Využitá optická aparatura se skládala, z kadmiové výbojky, která byla umístěna mezi cívkami, nadále jsme využili polarizační filtr, čtvrt-vlnné destičky, čočky, Fabry – Pérotova etalonu, monochromatického filtru (643,8 nm) a mikroskopu se stupnicí.

Před započetím pokusu museli jsme změřit intenzitu magnetického pole v místě, kde se bude při průběhu pokusu nacházet kadmiová výbojka. Tuto veličinu jsem změřili za pomoci Hallovy sondy. Naměřená data jsme vložili do grafu a následně jsme je proložili dvěma křivkami, první křivkou je lineární závislost, druhá křivka je polynomická třetího řádu.



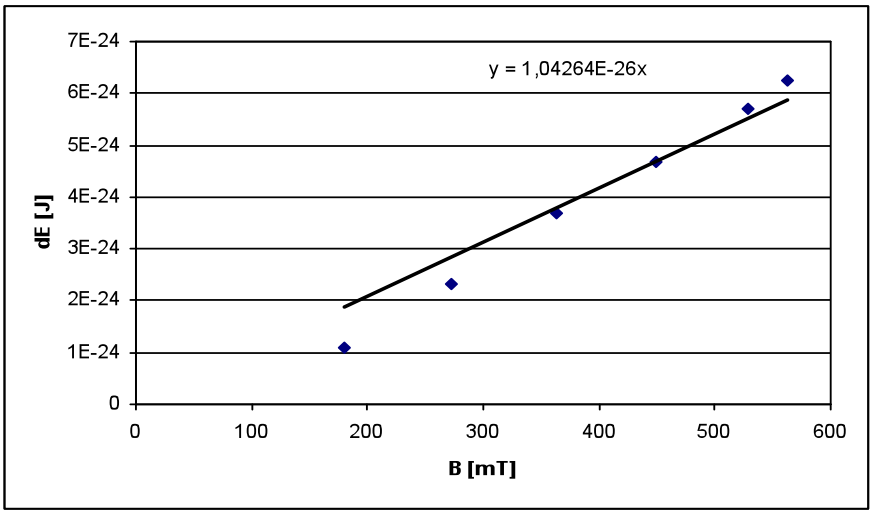
Obrázek 1: Závislost magnetického pole mezi dipóly na proudu protékajícího cívkami

Tato křivka nám následně bude užitečná při měření Bohrova magnetonu, jelikož při samotném měření budeme mít pouze dostupné informace o proudu nikoli o velikosti magnetické indukce.
Manuální měření probíhá za pomoci vycentrované stupnice optické soustavy, na této stupnici jsme odečítali rozměry kroužků. Na základě kvadrátů těchto hodnot jsme sestavili přímku, jejíž směrnici budeme nadále používat pod označením Δ. Za pomoci i dalších naměřených hodnot jsme již schopni vypočítat Bobrův magneton. Rozdíl energií emitovaného záření z rozštěpených hladin vypočítá následovně:

$$\Delta E = \frac{hc}{2dn}\frac{\delta}{\Delta}$$

kde h je redukovaná Planckova konstanta, d je tloušťka a n je index lomu Fabry – Pérotova etalonu, nadále $\delta = r^2 - R^2$, kde r vyjadřuje poloměr interferenčního kroužku při nenulovém

magnetickém poli a R je poloměr stejného kroužku při nulovém magnetickém poli. Hodnoty získané tímto vzorcem zaneseme do grafu v závislosti na indukci, kterou získáme z grafu závislosti magnetické indukce na proudu. Získaný graf proložíme přímkou, jejíž směrnice nabývá hodnoty Bohrova magnetonu.



Obrázek 2: Graf závislosti energie na intenzitě magnetického pole

Výsledná hodnota je $\mu_B = 10{,}4*10^{-24}\ JT^{-1}$.

Závěr

Veškerá měření prokázala, že vztah mezi potenciální energií a magnetickou indukcí je přímo úměrný, koeficientem úměrnosti je tzv. Bohrův magneton. Tato konstanta má tabulkovou velikost $9{,}27 *10^{-24}\ JT^{-1}$. Naše měření vyšlo s chybou přibližně 10%, tato chyba je způsobena nedostatečným rozlišením mikroskopu.

Poděkování

Děkujeme supervisorovi, který nám poskytl náhled do zkoumané problematiky, Ing. Davidu Tlustému. Nadále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. za možnost účastnit se daného projektu a také všem ostatním organizátorům Týdne vědy na jaderce a ČVUT za poskytnutí zázemí.

Zdroje

[1] http://leccos.com/index.php/clanky/zeemanuv-jev

[2] http://artemis.osu.cz/mmfyz/am/am_4_2.htm

[3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Bohrův_magneton

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

E.Marková – Gymnázium, Brno-Řečkovice, Terezy Novákové 2

M.Souhrada – Gymnázium Písek

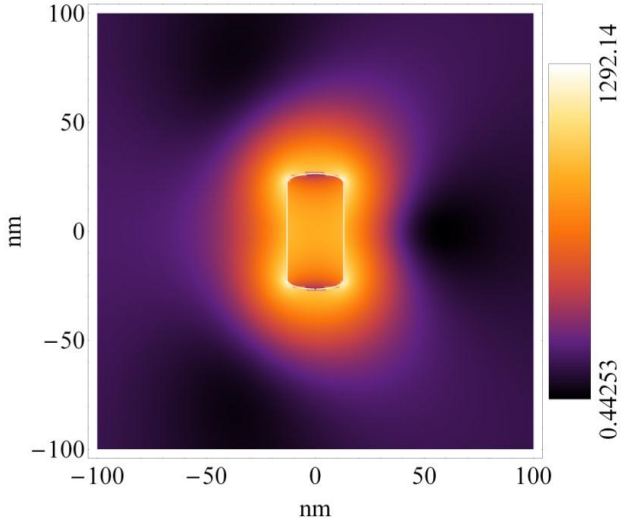
V.Stará – Gymnázium, Brno, Vídeňská 47

Abstrakt:

Koloidní zlato je lidstvu již dlouho známé, ale teprve v posledních dekádách se začali systematicky zkoumat jeho optické a biologické vlastnosti díky zlepšení a zpřesnění měřících přístrojů. V naší práci jsme se zabývali přípravou nanočástic tyčinkového tvaru a následným měřením jejich parametrů na absorpčním spektrofotometru a rastrovém elektronovém mikroskopu.

1. Úvod

Nanotechnologie jakožto oblast vědeckého zkoumání se stále drží v popředí zájmů vědců i širší veřejnosti, přestože jsou známy již od starověku. Nanotechnologie se zabývá hmotou o velikosti v řádech nanometrů. V těchto velikostech získává hmota specifické chemické, optické a biologické vlastnosti. Koloidní zlato má např. silné baktericidní účinky [1].

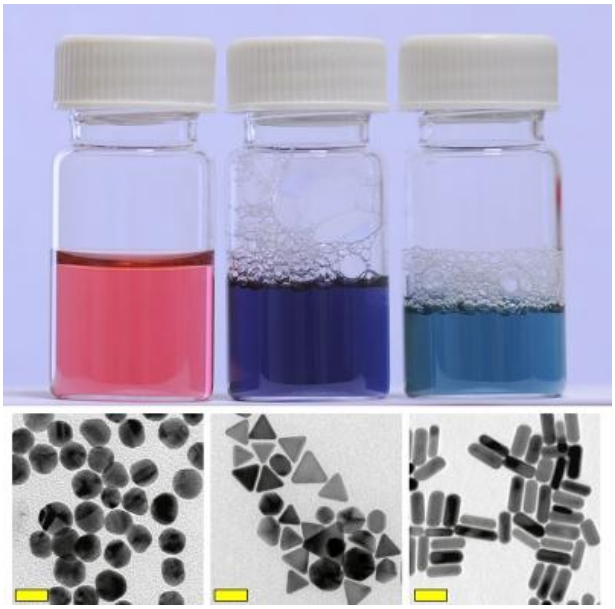


Obr. 1: Simulace blízkého pole lokalizovaného plasmonu na Au nanotyčince při excitaci podélného módu.

Nanočástice zlata (podobně jako nanočástice dalších ušlechtilých kovů) mají zajímavé optické vlastnosti. Při pozorování solvatovaných zlatých částic v kapalině prosvícené bílým světlem nastává jasný rozptyl v doplňkové barvě roztoku.

Tyto roztoky kovových částic nabývají intenzivních zabarvení díky jevu známému jako lokalizovaná povrchová plasmonová rezonance (zkráceně lokalizovaný plasmon). Zjednodušeně lze tento jev vysvětlit interakcí vodivostních elektronů kovu s dopadajícím světelným zářením, které při určité frekvenci způsobí rezonanční transfer své energie na kolektivní kmitání vodivostních elektronů kovové částice. Toto se poté projevuje jako silná absorpce světelné energie, která se dílem spotřebuje na

zahřátí částice a jejího okolí a dílem na opětovné vyzáření pružným rozptylem. Výsledkem je pak známé intenzivní zabarvení koloidů kovů [2].

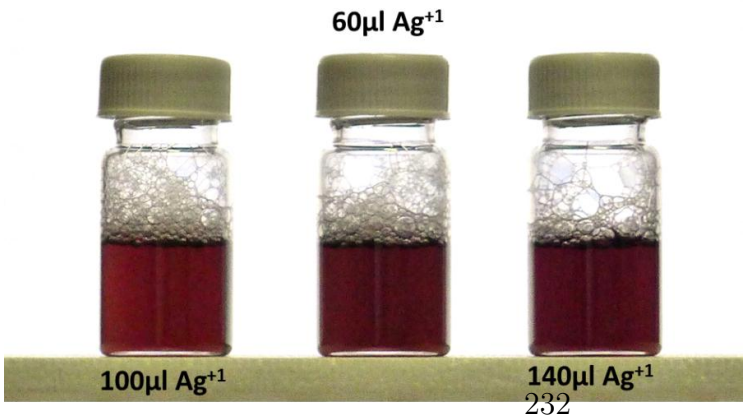


Výsledná barva je ovlivněna především tvarem nanočástic (např. kulovitý tvar je zabarven do růžova, tyčinky do modra a trojúhelníky do fialova). Koloidní roztoky zlata spolu se snímky z elektronového mikroskopu (měřítko = 30 nm). Průměrný objem částice každého roztoku je stejný - roztoky obsahují 0,05 mg zlata/ml (~10^11 částic/ml).

2. Příprava vzorků

Vzorky zlatých nanotyčinek jsme připravili pomocí metody „Seeded growth method“ [3]:

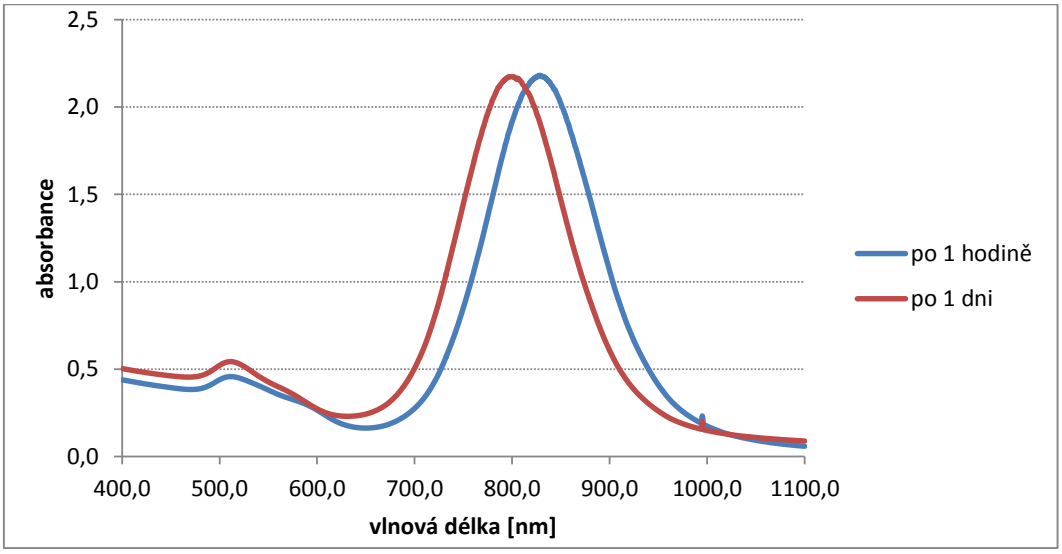
1) Vytvoření zárodků: Zárodky byly vytvořeny rychlou redukcí roztoku trojmocného zlata v CTABu (hexadecyltrimetylammonium bromide) pomocí borhydridu sodného. Tím jsme dosáhli vytvoření zlatých zárodečných částic o velikosti ~2-3 nm.
2) Příprava reakčního prostředí pro přidání zlatých zárodků:
   - 9,1ml 0,11M roztoku CTAB
   - 50 µl 0,1M roztoku Au^{+3}
   - 60 µl nebo 100 µl nebo 140 µl 0,01M roztoku Ag^{+1}
   - 70 µl kyseliny askorbové
   - dorovnáme vodou na objem 9930 µl
3) Přidáme 70 µl zlatých zárodků do rekčního prostředí



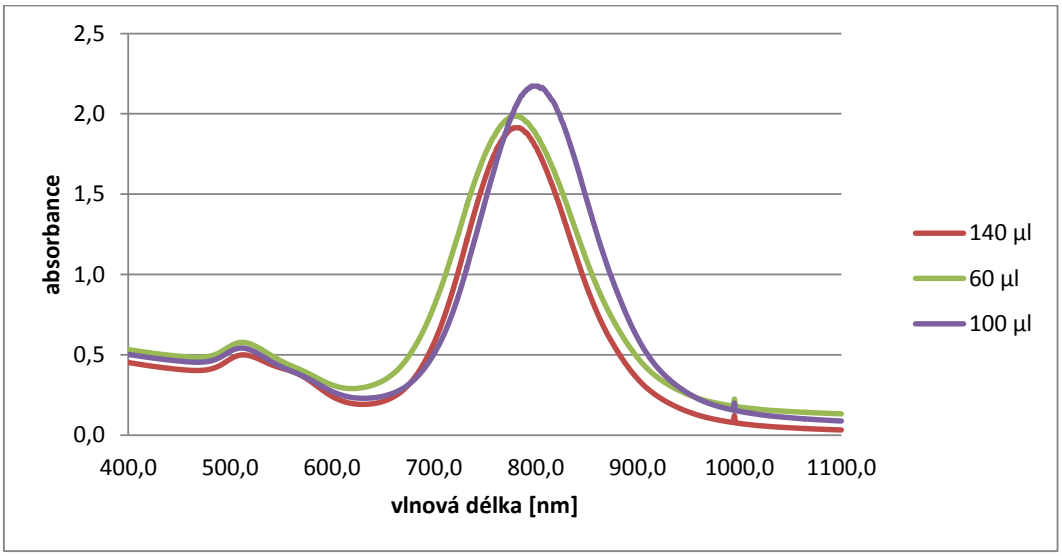
Obr. 2: Tyčovité nanočástice zlata v reakčním prostředí (CTAB) po 24 hodinách od přípravy. Různé koncentrace Ag^{+1} způsobily nepatrnou změnu barvy

Vzorky byly měřeny na absorpčním spektrofotometru (v malém množství v kyvetách) a rastrovacím elektronovém mikroskopu (SEM). Na měření na SEM se vzorky 100x zředily vodou (10 µl částic a 990 µl vody). 4 µl zředěného vzorku se nanesly na sklíčko se stříbrnou elektrodou a Indium-Titan-Oxid (ITO) vrstvou. Sklíčko se vzorky se nechalo 5 minut schnout na plotýnce při teplotě 40°C.

3. Výsledky



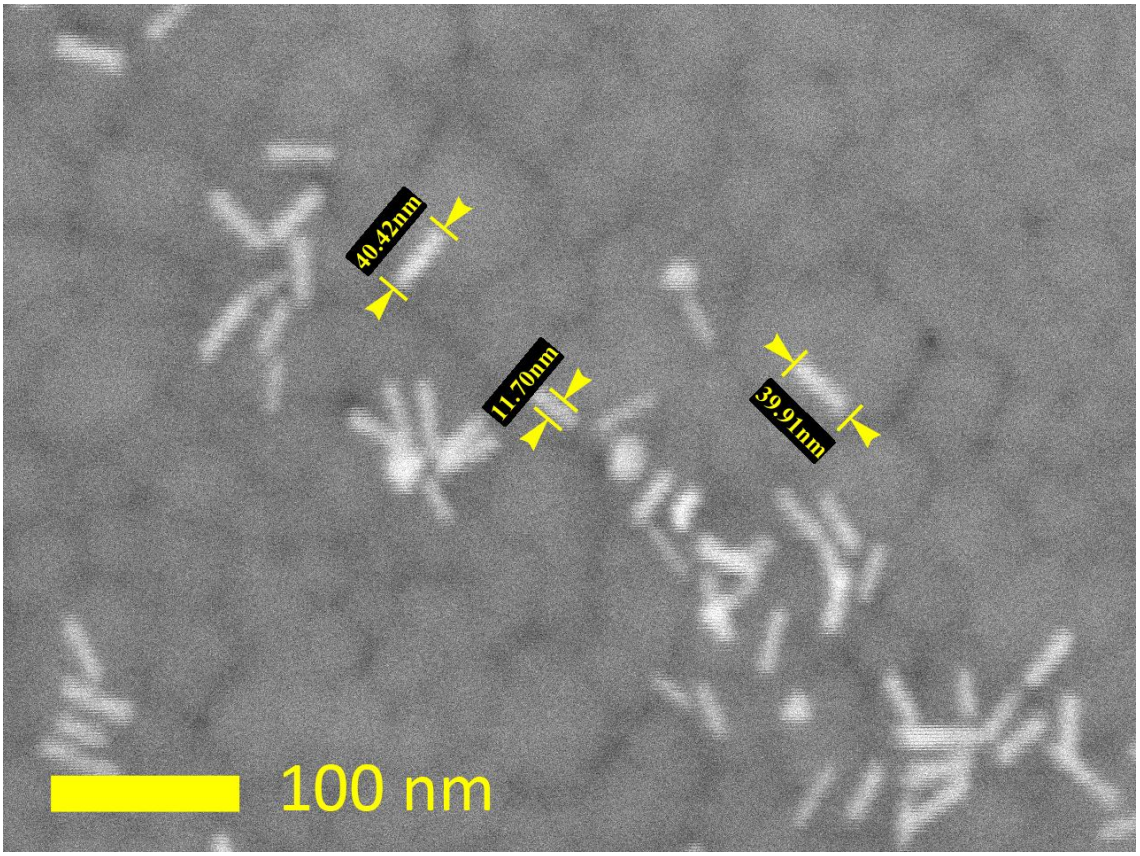
Obr. 3:Vývoj spektra vzorku v průběhu jednoho dne



Obr. 4: Spektra vzorků s různými objemy Ag^{+1}

Vzorek	Střední délka [nm]	Střední šířka [nm]	Střední poměr stran	Pozice longitudálního plasmonového píku [nm]
140 µl	36,1 ± 4,8	11,9 ± 1,9	3,1 ± 0,7	781
100 µl	36,3 ± 5,1	11,5 ± 1,9	3,2 ± 0,7	799
60 µl	36,5 ± 5,2	11,5 ± 2,0	3,2 ± 0,6	780

Obr. 5: Parametry vytvořených částic



Obr. 6: Snímek Au nanotyčinek ze SEM

4. Závěr

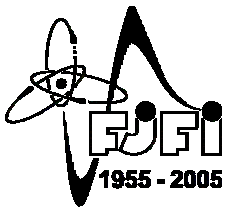
Připravili jsme roztoky Au nanotyčinek a pomocné metody spektroskopie jsme je charakterizovali. Podařilo se nám potvrdit korelizaci mezi tvarem velikostí částice a pozicí plasmonové rezonance.

5. Reference

1. Nanotechnologie dneška – koloidní stříbro, http://fch.upol.cz/vyzkum/srozum/nanotechnologie.pdf, 19. 6. 2012
2. Koloidní zlato: sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?, http://www.tecnicall.cz/clanek/2012-01-zlato/, 19. 6. 2012
3. B. Nikoobakht et. al., Chem. Mat., 2003, 15, 1957-1962.

Matematické modelování ***Fyzika v medicíně*** ***Laserová fyzika*** ***Informatika a software***

Fyzikální vlastnosti materiálů ***Elementární částice*** ***Jaderná chemie*** ***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.