

Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2014

Týden vědy na Jaderce

Sborník příspěvků

18.-22.květen 2014



"Náhodné pozorování může provádět ve skutečnosti (v podstatě) každý. Ale dospět od něj k velkému tušení, že za ním vězí něco významného, představuje velký krok, avšak ještě větší krok je pak cesta od tohoto tušení k jasnému vědeckému poznatku, co toto *něco* vlastně je.." Max von Laue (Světový rok krystalografie)



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2014

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a





Slovo úvodem

Minulý rok jsem na tomto místě vyjádřil obavu, jestli název zhlédnutého představení "Loučení se svobodou" nevěští nějaké neblahé mraky do budoucnosti a jestli se budu moci za rok opět postavit před skupinu nadšených zájemců o badatelskou kariéru. Vyšlo to a bylo mi opravdu potěšením v neděli dopoledne vás všechny přivítat. Rok od roku jsou očekávání a obavy výživnější - jsem opravdu zvědav, kam to spěje. V obavách se již pomalu desetiletí objevuje "uspávač hadů Svoboda", což letos vyústilo v to, že druhou přednášku o umění prezentace bude dělat kolegyně Němcová, kterou tímto vítám na palubě.

Dále pokračuji tradičně telegraficky:

- Aktuální statistika vypadá takto: Letošní ročník tvořilo 42 miniprojektů, 18 exkurzí a 17 přednášek pro cca 137 studentů. Ve všech parametrech jsme letos trochu spadli, zřejmě díky méně vhodnému termínu.
- Dovolte mi poděkovat na tomto místě jmenovitě především Kateřině Jirákové a Ondřeji Groverovi za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci TV. Kateřina přivála do organizace TV ohromnou energii a uvolnila mi ruce k povymazlení této akce, za což jsem jí zvláště vděčen. Dále tradičně děkuji všem garantům úloh, přednášejícím, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty FJFI.
- Letos jsme po mírném tápání dali dohromady z mého pohledu velmi zajímavou welcome párty. Mně osobně se tak zalíbila, že mám chuť to příští rok v určité alternativě zopakovat.

Doufám, že barva letošního trička nevěští nějaké neblahé mraky do budoucnosti a že se budu moci za rok opět postavit před skupinu nadšených zájemců a začít 17. ročník TV@J. Míříme do dospělosti. Bude mi ctí. Takže na shledanou .

21. května 2014

S pozdravem, Vojtěch Svoboda

P.S. Tipuji, že letos je to poprvé, co sborník a CD dokončuji před půlnocí. Dík patří Ondřejovi, Kateřině a OS Linux a spol.

Očekávání	Obavy
Z uspávače hadů Svobody	z uspávače hadů Svobody
Poznat NOVÉ inteligentní lidi	Poznám NOVÉ inteligentní lidi
Dozvědět se něco nad rámec školních osnov	z Štěpičů
Utužení dobrých vztahů mezi Pražáky a vidláky	Utužení dobrých vztahů mezi Pražáky a vidláky
Sličné slečny	z Fúzařů
Alespoň jeden vítěz	Že prohraju
Ubytování na Strahově	Ubytování na Strahově
Hlad	Hlad
Ze srandy	Že už nevím, co mám napsat
Skvělý tým na miniprojekt	p. Motyčka
Co budu studovat	Z konce

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní TV.

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Týdne vědy 2014	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky Základy diagnostiky vysokoteplotního pla zmatu na tokamaku GOLEM (Dominik Beck, Jan Vunderer, David Holub)	15 15 am 19
 Elektrostatické studie na tokamaku GOLEM (Adam Hrnčiřík, Daniel Hausner, Ondřej Lomický, Jiří Horyna) Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM (Jakub Talanda, Ondřej 	24
Altman,Daniel Boruch,Jakub Dlouhý) Leeuwenhoekův mikroskop (Zuzana Nosková,Dominika Jurdová,Johana Stratilová,Kristýna Ilievová)	28 32
 Neutronová-spektrometrie - určení rozpadových prvků při působení tepelných a epi- termálních neutronů (Tereza Bautkinová, Jan Viktora, Tomáš Gruntorád, Pavel Souček, Ladis Dvořák) Počítačová grafika - pohled pod pokličku (Filip Janda, Stanislav Luňák, Antonie Brožová) 	lav 36 38
 Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití (Stanislav Taborovets, Jiří Štěpanovský, Markéta Doležalová, Karolína Kosařová) Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu (Pavel Halama, Aleš Halama, Václav Halama	42
Narušování symetrie v laserovém rezonátoru (Tomáš Brada, Martin Tousek, Jan Horáček) Čítání fotonů a jeho aplikace (Matyáš Grof) Mlžná komora (Michal Bambuch, Tomáš Popek, Jaroslav Dufek, Tomáš Svoboda)	46 50 54 58
 Jak chranit DNA pred zarenim (Marie Hyblova,Filip Randak,Gabriela Speldova,Lukas Melcher)	62 66 řej
Schejbal)	70 74
Mizera, Pavla Bérešová, Denis Dusík, Vít Kabele)	78 av 82
Jak poznat dávku z barvy gelu? (Monika Robotková, Jan Hruškovič, Jiří Povolný)	85 89 92

Počítačové zobrazování fraktálních množin (Martin Scheubrein, Michal Martinek, Ondřej Jeřábek. Ivana Krumlová)	. 95
Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce (Pavel Jakoubě, Barbora Ko- palová, Adam Neckář)	. 99
Počítačové simulace turbulentního proudění (Matěj Štula, Jakub Zárybnický, Zora Venerová, Sebastian Duarte)	. 103
3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin (Tomáš Velecký, Tomáš Suchánek, Miriam Surňáková)	108
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice (David Pecl,Petra Hrub- cová,Petr Dvořák,Tomáš Chvosta)	112
Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE (Georgij Ponimatkin, Jakub Sláma, Ondřej Kubů)	117
Podivnost na LHC (Josef Holas, Andrej Lasica, Veronika Okruhlicová)	121
Postavte si Nd:YAG laser (Sebastian Golat,Adam Jiránek)	$125 \\ 130$
huta, Jiří Hrubeš, Petr Tácha)	134
Ryšánek)	137
Holografie (Vojtěch Linhart, Jakub Matěna, Adéla Kapicová)	140
Rydlo,Patrik Zach)	148
Fialová)	$152 \\ 157$
Počítačové simulace fyzikálních problémů (Jan Jukl,Richard Kuba)	161 Alžběta
Roeselová,Nikola Groverová)	167 . 171
Jak neuvíznout v bažinách (Daniel Zejda, David Ondráček, Zdeněk Kunc)Jaderné metody pomocníkem při zkoumání historie jeskyní (Dušan Ondírko, Tomáš	175
Rabas, Jiří Moravec)	179
Fakulta jaderna a fyzikalne inzenyrska UVUT	183



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2014

Program Týdne vědy 2014

• Neděle 18.5.

9.00-10.00 Prezentace, registrace (Břehová)
10.00-11.45 Úvod (o vědecké komunikaci) a organizace TV@J (Břehová 103)
12.00-13.30 Populární přednášky (Břehová - posluchárny)
13.30-17.00 + večer Ubytování pro mimopražské na Strahově
18.00-21.00 Welcome party (Břehová celá)

• Pondělí 19.5.

9-16.30 Miniprojekty (seznámení, rešerše, příprava, realizace)
16.30-18.00 Umění (vědecké) prezentace I (Břehová 103)
16.30-18.00 Alternativní přednášky pro absolventy minulých ročníků TV@J
19.00 Uzávěrka nabídek obrázku pro CD

• Úterý 20.5.

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

• Středa 21.5.

9.00-10.30 Hlavní přednáška. Prof. RNDr. Ivo Kraus, DrSc. a Ing. Jan Dohnálek, Ph.D.: Tradice české krystalografie a její moderní trend - strukturní výzkum biologických molekul (Břehová 103)

11.00-12.30 Umění (vědecké) prezentace II (Břehová 103)

11.00-12.30 Alternativní přednášky pro absolventy minulých ročníků TV@J

odpoledne Exkurze na vrcholná badatelská pracoviště po Praze

• Čtvrtek 22.5.

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

Exkurze

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

Nedělní přednášky

- Ondřej Grover: Termojaderná fúze
- Vojtěch Motyčka: Jaderné reaktory a věda v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži
- Ing. Petr Kolenko, Ph.D.: Synchrotron, struktura molekul a biologie
- Ing. Matěj Navrátil: Ionizující záření v medicíně
- Bc. Marek Bukáček: Od obyčejné chůze k modelu evakuace
- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Chemie a záření
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- doc. Ing. Miroslav Virius, CSc.: Jak lhát s digitální fotografií
- prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc.: Ultrakrátké intenzivní laserové impulsy, aneb co se skrývá za projekty ELI a HiLASE

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Ing. Jaroslav Krbec: Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM
- Bc. Jindřich Kocman: Polohové studie chování plazmatu na tokamaku GOLEM
- Ing. Tomáš Markovič: Elektrostatické studie na tokamaku GOLEM
- Ondřej Grover: Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM
- Mgr. Pavel Bažant: Leeuwenhoekův mikroskop
- Vojtěch Motyčka: Neutronová-spektrometrie určení rozpadových prvků při působení tepelných a epitermálních neutronů
- Ing. Pavel Strachota, Ph.D.: Počítačová grafika pohled pod pokličku
- Ing. Michal Němec, Ph.D.: Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití
- Mgr. Aleš Vetešník, Ph.D.: Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu
- Ing. Josef Blažej, Ph.D.: Narušování symetrie v laserovém rezonátoru
- prof. Ing. Ivan Procházka, DrSc.: Čítání fotonů a jeho aplikace
- Bc. Viktor Löffelmann: Mlžná komora
- Ing. Marie Davídková, CSc.: Jak chránit DNA před zářením
- Ing. Anna Michaelidesová: DNA a radikály
- Dagmar Kyselová: Měření kosmického záření
- Ing. Jana Kubištová: Optické vlastnosti polovodičových (InAs/GaAs) kvantových teček
- Ing. Lucie Stolcová: Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání
- Ing. Jiří Martinčík, Ph.D.: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Tomáš Urban: Termoluminiscenční dozimetrie
- Ing. Kateřina Pilařová: Jak poznat dávku z barvy gelu?
- Ing. Helena Kolešová (Šediváková): Po stopách Eratosthena
- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- Ing. Pavel Hrabák: Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce
- Ing. Tomáš Oberhuber, Ph.D.: Počítačové simulace turbulentního proudění
- Ing. Jan Stránský a Bc. Leona Švecová: 3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin
- Dr. Ing. Milan Siňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

- Lukáš Kramárik: Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE
- Vojtěch Pacík: Podivnost na LHC
- Ing. Filip Novotný: Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
- Bc. František Batysta: Postavte si Nd:YAG laser
- Ing. Ondřej Klimo, Ph.D.: Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích
- Jana Fodorová: Hledání Higgsova bosonu na urychlovači LHC
- Bc. Katarína Gajdošová: Měrný náboj elektronu
- Ing. Marek Škereň, PhD.: Holografie
- doc. Ing. Rostislav Silber, CSc.: Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama
- Ing. Jaroslava Fojtíková: Měření spektra gama záření scintilačním počítačem
- Ing. Jaroslav Adam: Dualismus vln a částic
- Ing. Hynek Lavička PhD.: Počítačové simulace fyzikálních problémů
- RNDr. Ján Kozempel, Ph.D.: Příprava a kontrola kvality radiofarmak
- Ing. Dalibor Skoupil: Interference a ohyb světla
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Jak neuvíznout v bažinách
- RNDr. Lenka Thinová: Jaderné metody pomocníkem při zkoumání historie jeskyní

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek:

Paralelní přednášky v posluchárně 114

Chairperson: Antonín Krpenský

- 8:00 Čítání fotonů a jeho aplikace
- $\pmb{8:}15$ Jaderné metody pomocníkem při zkoumání historie jeskyní
- $8{:}30\,$ Měrný náboj elektronu
- 8:45 Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití
- 9:00 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice
- 9:15 Počítačové simulace fyzikálních problémů

Paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Pavla Bérešová

- 8:00 Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu
- 8:15 Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
- $\pmb{8:30}$ Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE
- 8:45 Po stopách Eratosthena
- $9{:}00\,$ Počítačové zobrazování fraktálních množin
- $9{:}15~{\rm Interference}$ a ohyb světla

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Tomáš Malinský

8:00 Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích

- 8:15 Leeuwenhoekův mikroskop
- 8:30 Podivnost na LHC
- $\mathbf{8:45}\,$ Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama
- $\boldsymbol{9:00}$ 3D atomární struktura bílkoviny za 24 hodin
- $9{:}15\,$ Narušování symetrie v laserovém rezonátoru

Paralelní přednášky v posluchárně 10

Chairperson: Tomáš Jakubec

- 10:00 Holografie
- 10:15 Termoluminiscenční dozimetrie
- 10:30 Jak poznat dávku z barvy gelu?
- ${\bf 10:} {\bf 45}\,$ Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce
- $\mathbf{11:00}$ Optické vlastnosti polovodičových (InAs/GaAs) kvantových teček

Paralelní přednášky v posluchárně 114

Chairperson: Monika Robotková

10:00 Počítačové simulace turbulentního proudění

10:15 Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM

 ${\bf 10:30}\,$ Jak chránit DNA před zářením

10:45 Měření spektra gama záření scintilačním počítačem

11:00 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Paralelní přednášky v Aule 115

Chairperson: Zora Venerová

10:00 Jak neuvíznout v bažinách

10:15 DNA a radikály

 $10{:}30$ Neutronová-spektrometrie - určení rozpadových prvků při působení tepelných a epitermálních neutronů

10:45 Polohové studie chování plazmatu na tokamaku GOLEM

11:00 Elektrostatické studie na tokamaku GOLEM

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Jakub Dvořák

10:00 Dualismus vln a částic

 ${\bf 10:} {\bf 15}$ Nanotechnologie: Příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání

10:30 Počítačová grafika - pohled pod pokličku

10:45 Hledání Higgsova bosonu na urychlovači LHC

11:00 Příprava a kontrola kvality radiofarmak

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Vojtěch Fišer

12:15 Měření kosmického záření

 ${\bf 12:30}\,$ Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM

12:45 Postavte si Nd:YAG laser

 ${\bf 13:}{\bf 00}\,$ Mlžná komora

Paralelní přednášky v Aule 103

13:15 zakončení

Letošní TV je opět doprovázen CD.



Miniprojekt Proteiny: Krystaly proteinu, lysozymu, v polarizovaném světle (proteiny mají opticky aktivní uhlíky, proto stáčí rovinu polarizovaného světla) a záznam difrakce rentgenového záření na těchto krystalech. V podstatě to je zopakovaný Laueho experiment, za nejž dostal pred 100 lety Nobelovu cenu.

Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM

Dominik Beck¹, David Holub², Jan Vunderer³ Gymnázium Ivana Olbrachta, Semily¹ Gymnázium Slovanského náměstí, Brno² Friedrich-Schiller-Gymnasium, Pirna³ DominikBeck@seznam.cz¹, kometak@gmail.com², Vunderer@seznam.cz³

Abstrakt:

V tomto projektu jsme se věnovali závislosti teploty na parametrech tokamaku GOLEM (tlak v komoře, napětí na kondenzátorech napájejících elektrické a magnetické pole a doba zpoždění elektrického výboje oproti magnetickému poli). Naším cílem bylo dosáhnout co největší teploty na tokamaku GOLEM, které jsme pomocí diagnostických metod měřili a zpracovávali.

1 Úvod

Termojaderná fúze – slučování lehkých jader – je v současné době objektem zkoumání mnoha vědců. Mohl by to totiž v budoucnu být zdroj energie. V současnosti nemáme bohužel technologii na tak vysoké úrovni, aby se nám plazma, ionizovaný plyn, podařil udržet v komoře k stabilnímu průběhu fúze. Fúzní reaktor se nazývá *tokamak*.

V našem malém projektu se zaměříme na určení co největší teploty. Naším cílem je nalézt možná co nejlepší poměr parametrů (tlak v komoře, napětí na kondenzátorech napájejících elektrické a magnetické pole a doba zpoždění elektrického výboje oproti magnetickému poli) tak, aby teplota byla co nejvyšší. Tím se blížíme k teplotě (řádově několik stovek elektronvoltů), při které dochází ke slučování jader.

2 Optimalizační diagnostika tokamaku GOLEM

Materiály a metody

Ústředním bodem práce je funkční závislost teploty na parametrech, které jsme schopni určit měřením či pomocným výpočtem – odvození vzorce plyne z předpokladu parabolické teplotní distribuce, více pro odvození vizte^[1]:

$$T_e(0,t) = \left(0.7 \frac{I_p(t)}{U_I(t)}\right)^{2/3}$$

Měření napětí indukovaného na smyčce plazmatu je v celku snadné – číselně bude totiž z konstantnosti toku intenzity magnetického pole stejné jako v jakékoli jiné smyčce pomyslně obepínající siločáry mag. pole. Stačí pak změřit napětí na této smyčce. Dalším parametre rovnice je proud v plazmatu. Zde nastává problém, jakým způsobem ho lze určit? Samotné měření z důvodu enormní hodnoty proudu je zcela nemožné, rovněž technické komplikace nám brání jeho měření; žádný materiál, ze kterého bychom chtěli ampérmetr vyrobit, není schopen vydržet teplotu plazmatu v tokamacích, aniž by se poškodil. Musíme tedy hledat alternativní detekci tohoto proudu - minimálně musíme kvantitativně určit veličinu, která bude jeho důsledkem. K tomu nám dopomůžou Maxwellovy rovnice. Dle zákona Ampérova bude proud v toroidálním plazmatu indukovat poloidální magnetické pole, jinými slovy, při zanedbání ztrát můžeme říci, že existuje přímá úměra mezi proudem a vzniklým poloidálním polem. Poloidální pole je však – kvůli přítomnosti mohutného toroidálního pole obtížně detekovatelné – je to jako hledat odraz světla z planet obíhajících okolo jiných hvězd. Tato technologická komplikace se lze však vyřešit velmi unikátním a elegantním způsobem:



Rogowského cívka (obr. výše) je cívka do tvaru anuloidu obklopující vodič s proudem. Design cívky umožňuje efektivně odstiňovat detekci magnetického pole rovnoběžného s vodičem. Dle Faradayova zákona elektromagnetické indukce bude změna poloidálního magnetického pole indukovat napětí na Rogowského cívce, kromě napětí indukovaného tímto magnetickým polem, by se ještě k tomu indukovalo napětí navíc ze silného toroidálnho pole – jenomže Rogowského cívka je "oboustranná" - co se týče smyčky kolmé na toroidální pole (vizte obrázek výše), celkový tok intenzity magnetické indukce bude tedy nulový a s ním i příspěvek napětí z toroidálního pole. Protože však cívky druhé zpětné smyčky nejsou anuloidovité cívky, nýbrž vodič kolmý na poloidální pole, bude indukované napětí rovno časové derivaci toku intenzity magnetického pole a toto napětí my Rogowského cívce. je úměrné integrálu toku intenzity magnetického pole, který je z geometrie problému evidentně úměrný intenzitě pole magnetického (roste s počtem závitů) a to je úměrné zjišťovanému proudu, a proto platí:

$$I_{\rm tot}(t) = C \int_0^t U_B(t) \, \mathrm{d}t$$

Kde *C* je specifická kalibrační konstanta pro náš problém (spočtena na $1.1 \cdot 10^7$)

Proud v plazmatu se ale nerovná celkovému proudu, který jsme změřili. Sama komora je vodivá a protéká v ní proud I_{ch} . Tím je proud I_{pl} protékající plazmatem roven rozdílu celkového změřeného proudu I_{tot} a proudu protékajícího komorou I_{ch} . Platí tedy:

$$I_{\rm tot}(t) = I_{\rm pl}(t) + I_{\rm ch}(t)$$

Jak ale lze spočítat, popřípadě jinak vyjádřit proud tekoucí komorou, abychom mohli spočítat proud protékající plazmatem? Je to prosté: Protože je komora kovový vodič, podléhá Ohmovu zákonu, zároveň efektivní tok intenzity magnetického pole je jak na komoře, tak ve smyčce plazmatu stejný, tak i napětí v komoře i v plazmatu. Stačí tedy změřit napětí na komoře, odpor lze spočítat z dat získaných provedením vakuového shotu. Vzhledem k těmto

$$U_I(t) = R_{\rm ch} \cdot I_{\rm ch}(t)$$

Odsud nám už jen zbývá vyjádřit si z předchozích rovnic rovnici pro výpočet proudu protékajícího plazmatem, která zní:

$$I_{pl}(t) = I_{tot}(t) - \frac{U_I(t)}{R_{ch}}$$

Výsledky a zpracování dat

Data jsme získávali z výše teoreticky popsaných metod měření a snímali pomocí osciloskopu. Výsledky jsme v programu Gnuplot a zpracovávali vytvořili jsme graf závislosti indukce toroidálního magnetického pole na proudu v plazmatu. Hlavním cílem práce bylo nalezení takové alokace hodnot napětí U_B, U_{CD}, doby T_{us} a Užívali jsme variantu metody bisekce: zvolili jsme vhodný bod čtyřrozměrného prostoru s osami U_B, U_{CD}, T_{us}, p a pro něj spočetli z dat výboje maximální teplotu plazmatu, dále jsme volili nové vhodné body a postup opakovali. Postup výběru nových bodů probíhal následovně: Z původního jsme vždy vybrali pomocné dva, které byly od původního vzdáleny vždy námi zvolený nejpřiměřenější rádius v dané ose, pro tyto body jsme spočetli teoretickou maximální teplotu a výsledky porovnali, bod s vyšším výsledkem se stal novým "vhodným bodem", postup se opakoval v dalších osách, dokud nedošly – potom se postup znovu opakoval ve všech osách, ale nyní už s polovičními rádii, než

	р		Tus	UB	UCD	Tepl[eV]	AverT
Z0	_	16	10000	1000	700	55,3107	16,8
Zp1L		10				53,4601	16,3
Zp1P		30				55,4542	16,7
ZC1L			8000	800	500	56,8072	17,1
ZB1P				1000		55,7403	17
ZB1L				600		67,7696	21,9
ZT1P			11500			66,7631	20,4
ZT1L			4500			69,8376	23
ZC2P					600	68,6075	23,2
ZC2L					400	72,77	22,6
ZB2P				700		66,4576	19
ZB2L				500		73,833	23,9
ZT2L			2750			67,493	22
ZT2P			6250			72,841	23,1
Zp2L		35				72,9921	23,4
Zp2P		24				73,6167	23,7
ZT3L			5500			73,1741	23,8
ZT3P			7000			74,1057	23,4
ZB3L			450			70,8949	23,2
ZB3P			550			73,9978	23,4
ZC3L					350	68,22	19,4
ZC3P					450	70,451	22,9
Zp3P		28			400	70,896	20,8
Zp3L		22			400	72,6222	23,2

předchozími pro dané osy. Iteraci jsme zvolili tříkrokovou. V tabulce vpravo je tento postup znázorněn, každý řádek symbolizuje odchýlení od původního vhodného bodu daný rádius, čtyřznakový kód značí název projektu (Základy diagnostiky), kterou osu využíváme, číslo iterace a směr vychýlení k novým pomocným bodům (L=minus, P=plus). Šedobílé oblasti představují postup metody. Předposlední sloupec číselných hodnot představuje teoreticky vypočítané teplotní maximum plazmatu; poslední pak ukazuje průměrnou teplotu v tokamaku vypočtenou automatem na stránkách FJFI.

Diskuse

Problém chaosu – neměli jsme možnost zkusit všechny možnosti několikrát, determinovanost, vždycky nás provádí nejistota; elimininovali jsem ty alokace, ve kterých nám nevyšel žádný průraz. Funkce teploty nemusí mít jedno maximum – jako je např. na obrázku níže (obr. 1).



Pokud aplikujeme metodu bisekce na funkci teploty, jež má ve zkoumaném regionu více maxim, metoda konverguje k jednomu z lokálních maxim, nelze říci, že námi nalezené lokální maximum bude zároveň i maximem globálním.

Námi naměřené maximální teploty byly v průměru v porovnání s průměrnými teplotami s automatu 3,3x větší. Nad touto bizarností se zamýšlíme a podivujeme; poměr se nám zdá být nepřirozeně velký, a tak se domníváme, že kalibrační konstanta je špatně vypočtena (poměr je však zhruba konstantní).

3 Shrnutí

Nejvyšší teplota byla naměřena při výběru hodnot p = 24mPa, T_{us} =7000us, U_b =500V a U_{CD} =400V. Jak jsme již ale zmínili, výsledky jsou pofidérní; oproti skutečnému optimu se mohou mírně lišit. To je způsobeno i deficitem času nebo simultánním využitím několika pracovních skupin.

Poděkování

Děkujeme FJFI za pořádání Týdne vědy, a tím umožnění tohoto projektu na tokamaku GOLEM. Taktéž děkujeme našemu supervizorovi Ing. Jaroslavu Krbcovi za pomoc a vstřícnost.

Reference:

- [1] <u>http://golem.fjfi.cvut.cz/</u>, 20. 5. 2014
- [2] KRBEC J. Vysokoteplotní plazma na tokamaku Golem 2014

Polohové studie chování plazmatu na tokamaku GOLEM

Jan Priessnitz, Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14, honya121@gmail.com Štěpán Balážik, Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14, sbalazik@gmail.com Adam Vyjídák, Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9, avyjidak@gmail.com

Abstrakt

Hlavním cílem našeho projektu bylo studování chování plazmatu takovým způsobem, abychom byli schopni značně ovlivnit délku jeho životnosti. V našich experimentech jsme důkladně analyzovali základní charakteristiky cívek obklopující tokamak, díky nichž jsme byli schopni v reálném čase ovlivnit pohyb proudícího plazmatu. Výsledná korekce směru plazmatu zapříčinila změnu v délce jeho trvání, což je jeden ze základních parametrů pro úspěšnou termojadernou fúzi.

1 Úvod

V průběhu dvou dnů se naše skupina zabývala polohovým chováním plazmatu na tokamaku GOLEM. Samotný koncept tokamaku byl prezentován Sovětským svazem již v 50. letech minulého století, přičemž konstrukce jeho vylepšených verzí probíhá i v současnosti. Při jeho zrodu se zejména myslelo na to, aby jeho funkce předčili veškeré ostatní způsoby získávání energie – schopnost vést kontrolovanou jadernou fúzi se jeví jako jedno z nejlepších řešení, jak ukončit již započatou energetickou krizi.

2 Motivace

Cílem tokamaku je ohřátí a udržení plazmatu na takové hodnoty, aby mohlo dojít k termojaderné fúzi. Teploty potřebné k uskutečnění takovéto reakce dosahují až sta miliónů K, což znamená, že použití jakýchkoliv materiálů k separaci plazmatu není možné. Vzhledem k naší pozemské situaci je možné plazma oddělit pouze jedním způsobem, a to pomocí elektromagnetické síly. Díky velké experimentální snaze fyziků se ukázalo, že správná optimalizace a konfigurace systémů k realizování termojaderné fúze je značně obtížná, ne-li nemožná. Naším úkolem však bylo zajistit zkoumání chování plazmatu takovým způsobem, aby se v budoucích experimentech usnadnila a snad i vyplnila vize termojaderné fúze.

3 Stavba tokamaku

Hlavní částí tokamaku je toroidní komora, v níž je udržováno vakuum. Do této se posléze napouští plyn, který vytvoří plazma (jedná se buď o směs deuteria a tritia či pouze o

vodík). Tato komora je svou podstatou sekundárním vinutím v transformátoru, který má pouze jeden závit – první obvod má standartní charakteristiku a při výboji kondenzátoru generuje v komoře velké proudy. Proud v plazmatu vytváří kolem sebe pole, které interaguje s elektromagnetickým polem toroidálních cívek. Tato interakce dvou polí zapříčiní šroubovicový pohyb plazmatu. Pohyb dále můžeme ovlivňovat ve vertikálním směru díky poloidálním cívkám. Tyto cívky zajišťují delší životnost plazmatu. Jeden z našich hlavních úkolů zahrnoval právě správnou manipulaci s poloidními cívkami, což vedlo ke stabilizaci plazmatu.



Obrázek 1: Poloidální cívky okolo komory



Obrázek 2: Magnetické pole v komoře je homogenní

4 Tokamak GOLEM

Tento tokamak spadá svými rozměry do kategorie malých tokamaků. V současné době se nachází v jedné z budov ČVUT, přičemž slouží k výhradně edukativním účelům. Jeho vznik spadá do 60. let minulého století a byl jedním z prvních výtvorů svého druhu v tehdejším Sovětském svazu. Své místo a název změnil tento tokamak roku 1976, kdy se se přesunul z Moskvy do Prahy a své tehdejší označení TM-1 bylo přeměněno na CASTOR. Poslední změna identifikace a přesun proběhl roku 2007, kdy se dostal na FJFI a byl příhodně podle jedné z okolních tradic pokřtěn na tokamak GOLEM. Jako pracovní plyn používá tokamak GOLEM vodík; hlavní poloměr činí 0,4 m, malý poloměr činí 0,1 m. Maximální velikost magnetického pole zde dosahuje 0,8 T a tlak komory klesá řádově na desetitisíciny Pa.

5 Teorie

Mirnovovy cívky měří změnu magnetického pole. Pokud známe původní hodnotu a všechny předchozí změny, můžeme podle Faradayova zákona elektromagnetické indukce vypočítat

intenzitu magnetického pole

$$U_{ind} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$
$$\Phi_n = \sum_{i=1}^n -U_{ind} \cdot \Delta t$$

۸ .

Sílu magnetické indukce můžeme vypočítat přes sílu magnetického pole, změnu času a efektivní plochu cívky

$$B_n = \frac{\Delta t}{S} \cdot \sum_{i=0}^n \Delta U_{ind}$$

Vychýlení plazmatu od středu spočteme přes intenzitu magnetické indukce spodní a horní Mirnovovy cívky

$$a = d \cdot \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$$

Podle vychýlení můžeme korigovat polohu plazmatu.

6 Popis experimentu

Celkem bylo námi na tokamaku prostřednictvím webového rozhraní provedeno 24 výstřelů s pokaždé stejnými základními parametry. Na toroidálních cívkách bylo napětí 1300 V a na primární cívce transformátoru spouštěné s 15ms zpožděním 700 V. Tlak v komoře byl 24 mPa. Jako první bylo provedeno několik referenčních výstřelů bez jakýchkoliv korekcí. V průběhu dalších výstřelů se poloha plazmatu měřená Mirnovovými cívkami v komoře tokamaku korigovala pomocí cívek poloidálních s proudem až 300 A. Tyto korekce byly prováděny buď v reálném čase nebo předem připraveným průběhem proudu v polodiálních cívkách. Korekcí v reálném čase je dosaženo algoritmem připraveným v programu LabView a je možno měnit proud v kolodiálních cívkách v závislosti na aktuální poloze plazmatu. Tohoto bylo využito při experimentech s lineární, kvadratickou a kubickou závislostí. Ruční příprava průběhu proudu probíhala pomocí webové aplikace naprogramované garantem našeho projektu Jindřichem Kocmanem a umožnila ještě před výstřelem připravit takový průběh proudu, který reagoval na pravidelnosti v sledované poloze plazmatu.

7 Výsledky

S korekcí v reálném čase

Největší životnost plazmatu byla dosažena při lineární závislosti proudu v poloidiálních cívkách na vychýlení plazmatu od středu. Na rozdíl od kvadratické nebo kubické závislosti nesnižuje proud u nízkých hodnot vychýlení, takže zkoriguje plazma už při malých vychýleních. Největší životnost plazmatu při korekci v reálném čase byla 9,9 ms.

S ruční korekcí

Na jednotlivých obrázcích je vidět poloha plazmatu při jednotlivých výstřelech. Grafy pod nimi znázorňují proudy v poloidálních cívkách, které korigují polohu plazmatu.



Obrázek 3: Výstřel bez korekce. Životnost plazmatu byla 9,5 ms. Plazma se bez korekce pohybovalo směrem nahoru.



Obrázek 4: Výstřel s korekcí. Životnost plazmatu byla 10,6 ms, tedy největší dosáhnutá životnost. Síla tlačící plazma dolů se postupně zvyšovala.



Obrázek 5: Výstřel s korekcí. Korekční síla začala ihned po průrazu působit směrem dolů na plazma. Na obrázku a spodním grafu je vidět, že plazma narazilo na stěnu a zaniklo a znovu vzniklo.



Obrázek 6: Výstřel s korekcí. Korekční síla začne ihned působit na plazma směrem nahoru. Významně se tím snížila životnost plazmatu při stejných parametrech na 6,9 ms.

8 Závěr

Z výsledků práce je patrné, že se při stálých vstupních parametrech podařilo korigovat polohu a tedy i životnost plazmatu v tokamaku. Automatickým (počítačem řízeným) korekcím jsme se nemohli věnovat, protože tokamak nebyl v provozuschopném stavu, proto nebyla nalezena vhodná závislost mezi polohou plazmatu a mírou korekce.

9 Diskuze

Protože většina znalostí o pohybu plazmatu v tokamacích je ověřena pouze empiricky, nezbývá než se zaměřit na zkoušení nových konfigurací tokamaku pro dosažení lepších výsledků. Například pro automatickou korekci polohy by bylo možné použít odmocninovou nebo logaritmickou závislost.

Poděkování

Děkujeme celému týmu tokamaku Golem. Především Bc. Jindřichovi Kocmanovi za odborné vedení a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za podporu při práci s tokamakem.

Reference

- [1] Jindřich Kocman. Bakalářská práce. Master's thesis, CZECH TECHNICAL UNI-VERSITY IN PRAGUE, 2010.
- [2] Students of CTU. Tokamak, 2014. http://golem.fjfi.cvut.cz/?p=tokamak.
- [3] Wikipedie. Tokamak tm-1 mh wikipedie: Otevřená encyklopedie, 2013. [Online; navštíveno 20. 05. 2014].

Elektrostatické studie na tokamaku GOLEM

A. Hrnčiřík¹, D. Hausner², O. Lomický², J. Horyna³

¹Masarykovo gymnázium Vsetín, Vsetín
 ²Gymnázium a SOŠ Plasy, Plasy
 ³Dvořákovo gymnázium a SOŠE, Kralupy nad Vltavou

adam.hrncirik@mensa.cz daniel.hausner@seznam.cz Ondrej.Lomicky@seznam.cz jiri.horyna@dgkralupy.eu

Abstrakt:

Tato práce se věnuje problematice elektrostatických měření na tokamaku GOLEM. V rámci práce byly analyzovány výstřely s různou geometrickou konfigurací plazmatu, jehož teplota byla určena dvěma různými metodami. Bylo pozorováno, že konfigurace s menším průřezem plazmatu dosahuje vyšších teplot i při menších proudech plazmatem.

1 Úvod

Tokamak je zařízení, jež umožňuje vytvořit a udržet plazma (ionizovaný plyn) o vysoké teplotě. Účelem této studie bylo studovat teplotu plazmatu různé geometrické konfigurace dané poloměrem limiteru. Teplota plazmatu v tokamaku GOLEM je řádově 10 eV (\approx 116000 K) a byla měřena dvěma různými metodami popsanými v sekci 2. Výsledkům měření se věnuje sekce číslo 3. Hlavní poznatky studie jsou shrnuty v sekci číslo 4.

2 Metody měření

Metody měření

K měření teploty plazmatu byly využity rozdílné metody. První metoda vychází z Ohmova vztahu:

$$\mathsf{R} = \frac{\mathsf{U}_{\mathrm{L}}}{\mathsf{I}_{\mathrm{P}}} \sim \mathrm{T}^{-\frac{3}{2}} \tag{1}$$

kde je R – odpor plazmatu, U_L – napětí na závit a I_P – proud procházející plazmatem. Hodnotě odporu je nepřímo úměrná teplota plazmatu T. Určit odpor plazmatu podílem napětí na závit mimo plazma a proudem plazmatu lze jen za předpokladu konstantního I_P . Pro teplotu plazmatu tudíž platí [1] :

$$T_e = c \left[\frac{I_P}{U_L} \right]^{\frac{2}{3}} \tag{2}$$

kde T_e – teplota v eV, I_p – proud procházející plazmatem, U_L – napětí na závit a c – konstanta závisející na poloměru plazmatu a

$$c = \frac{14.7 \times 10^{-3}}{\sqrt[3]{a^4}} \tag{3}$$

Vztahem (2) lze určit průměrnou teplotu plazmatu.

Druhá metoda spočívá v kontaktu sondy s plazmatem, kde se měří voltampérová charakteristika vodivé sondy. Kde se ze vzorce pro voltampérovou charakteristiky [1] :

$$I = I_i \left[1 - exp\left(\frac{U - U_{fl}}{T_e}\right) \right] \tag{4}$$

kde I – proud tekoucí ze sondy, I_{i-} iontově nasycený proud, U – potenciál sondy, U_{fl} – lze určit teplota plazmatu T_e v místě sondy.

Postup měření

Měření probíhalo pro dvě různé geometrie plazmatu ovlivněné instalací dvou různých limiterů, což je konstrukce omezující poloměr plazmatu, a to je prezentováno dvěma výstřely. Veličiny U_L a I_P pro vztah (2) jsou měřeny standartními diagnostikami tokamaku GOLEM [2].



Voltampérová charakteristika byla získána pomocí elektrostatické Obrázek 1 – schéma zapojení rozmítaného obvodu [1]

sondy zapojené do obvodu na obrázku 1. Napětí U ve vztahu (4) bylo generováno soustavou generátor-zesilovač. Proud I ze sondy byl měřen pomocí úbytku napětí na rezistoru R_p. Průměrná teplota ze vztahu (2) lze sledovat na obrázcích 2 a 3. Voltampérová charakteristika ze vztahu (4) je na obrázcích 4 a 5.

3 Výsledky



Obrázek 2 – výstřel 14791

Obrázek 3 - výstřel 15444



Obrázky 2 a 3 demonstrují vývoj průměrné teploty plazmatu v čase dle vztahu (2). Geometrie plazmatu jsou ovlivněny limiterem, u obrázku 2 a = 8,5cm, u obrázku 3 a = 6cm.

Obrázky 4 a 5 demonstrují voltampérovou charakteristiku rozmítané sondy. Obrázek 4 se vztahuje na plazma z výstřelu 14791, obrázek 5 k výstřelu 15444. Interpolace byly vytvářeny v programu *gnuplot*. Hodnoty U_{fl} , I_i a T_e jou zaneseny v tabulce 1.

	shot 14791	shot 15444
$U_{fl}[V]$	-61,9575	-12,6169
$I_i[A]$	0,0159916	0,0224758
$T_e[eV]$	27,1581	13,8803

Tabulka 1

4 Diskuze

Srovnáním výsledků teploty z tabulky 1 a obrázků 4 a 5 lze vidět, že teplota určená pomocí vztahu pro průměrnou teplotu (2) je poloviční vůči teplotě naměřené pomocí sondy a vztahu (4). To znamená, že sonda by mohla být zasunuta blíže ke středu plazmatu, což by mohlo být způsobeno generací plazmatu ve spodní části komory.

Srovnáním obrázků 2 a 3 je patrné, že průměrné teploty výstřelů s různými limitery se liší. Při výstřelu s limiterem a = 6 cm procházel 1/2 proud oproti výstřelu s limiterem a = 8,5 cm. U menšího limiteru byl proud koncentrován v menším průřezu, přesto více zahřál plazma. Podle vztahu (2) by se dalo očekávat, že teplota plazmatu bude nižší, ale díky menšímu poloměru limiteru se proud více koncentroval a teplota byla vyšší.

5 Závěr

Při provedení dvou výstřelů s dvěma různými geometrickými konfiguracemi plazmatu jsme dvěma metodami sledovali teplotu plazmatu. Jedna z vypočítaných hodnot se vztahovala k odporu dle vztahu (2) a druhá hodnota se vztahovala k voltampérové charakteristice rozmítané sondy dle vztahu (4). Srovnáním výsledků pro různé geometrie jsme pozorovali, že

při menším limiteru prochází plazmatem menší proud, ale plazma má vetší teplotu, protože proud je více koncentrovaný. Taky lokální teplota mnohem vyšší než průměrná může být zapříčiněna vzájemnou polohou plazmatu a sondy, kdy sonda je více zasunuta v plazmatu. V budoucnu by se měla spočítat poloha plazmatu při průrazech k upřesnění polohy sondy a výkladu naměřených hodnot.

Poděkování

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

Reference:

- Skupina tokamaku GOLEM: Měření teploty plazmatu v tokamaku GOLEM http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/KFpract/14/Probes/uloha13B.pdf (připojeno 20-5-2014)
- [2] Skupina tokamaku GOLEM: Vysokoteplotní plazma na tokamaku GOLEM http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/KFpract/14/Basics/uloha13A.pdf (připojeno 20-5-2014)

Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM

Jakub Dlouhý, Daniel Boruch, Jakub Talanda, Ondřej Altman

ondraalt@seznam.cz

Abstrakt:

Naším cílem bylo popsat vliv jednotlivých parametrů výboje na vlastnosti plazmatu na tokamaku GOLEM. Konkrétně jsme se pokoušeli nalézt anomálie, které se projevují jako náhlý nárůst proudu a pokles napětí. Odhalit příčinu anomálií se nám sice nepodařilo, nicméně nás při jejich studiu napadla myšlenka zkoumání závislosti teploty plazmatu na jednotlivých parametrech pro výboj. Snažili jsme se určit vliv parametrů a jejich kombinací na teplotu plazmatu.

1. Úvod

V současnosti nedokážeme spočítat veškeré chování a vlastnosti plazmatu v tokamaku, proto je potřeba všechny úvahy experimentálně ověřovat bez možnosti předchozího teoretické předpovědi výsledků. I když nedokážeme funkci určující vlastnosti plazmatu popsat, snažíme se nalézt závislost určitých vlastností plazmatu na jednotlivých parametrech. Zpočátku jsme se pokoušeli najít příčinu anomálií pozorovaných na tokamaku. Přestože se nám ji nepodařilo odhalit, zaujaly nás různé hodnoty teploty plazmatu pozorované během pokusů, které nás přivedly k myšlence studia faktorů ovlivňujících teplotu.

2. Experimentální uspořádání

O tokamaku obecně

Tokamak je zařízení sloužící k výzkumu vytváření a udržení plazmatu a zahájení termojaderné fůze. Pomocí elektromagnetického pole udržuje plazma uvnitř komory a pomocí elektrického ho urychluje, čímž se zvyšuje jeho teplota. I když zatím nedokážeme vytvořit dostatečně teplé plazma pro zažehnutí termojaderné fůze, můžeme provádět výzkum s plazmatem o nižších teplotách.

Náš postup

Při předchozích pokusech bylo zaznamenáno několik anomálií v podobě zvýšení proudu a teploty a snížení napětí, jak můžete vidět na následujícím grafu. Golem shot No:15351



Rozhodli jsme se vyhledat všechna měření s těmito anomáliemi z posledních několika týdnů a najít společné parametry pro určení příčin těchto anomálií. Následně jsme se pokusili napodobit některé z těchto výbojů, abychom ověřili, že je těchto anomálií v současnosti ještě možno dosáhnout. Také jsme měnili některé parametry, abychom určili jejich vliv. Naneštěstí se nám nepodařilo těchto anomálií znovu dosáhnout. Během měření jsme si všimli změn teploty a rozhodli se určit její závislost na jednotlivých parametrech. Prováděli jsme série měření, kde jsme měnili pouze jeden parametr a ostatní nechávali stejné.

Začali jsme se změnami napětí Ub, tedy napětí na kondenzátorech, které po vybytí do cívek vytvořilo magnetické pole, které udržovalo plazma. Dále jsme se rozhodli určit vliv jednotlivých zařízení umožňující počáteční ionizaci plynu na teplotu. Postupně jsme zkusili všechny dostupné zdroje ionizace, přičemž ostatní parametry zůstávaly stejné.



Z předchozích měření jsme vyvodili, že teplota je ovlivňována zpožděním mezi aktivací udržovacího a urychlovacího pole, takže jsme provedli sérii měření se změnami tohoto parametru, přičemž ostatní zůstávaly stejné. Na parametr tlaku vodíku jsme provedli dokonce dvě série měření, abychom měli údaje ověřené. Měřili jsme v rozmezí od 16 do 40 mPa. Samozřejmě záleželo i na kombinaci ostatních parametrů, ale z časových důvodů nebylo možné tolik měření provést a tak jsme provedli pouze měření v závislosti na jednotlivých parametrech.

3.Výsledky

1)

Výsledky první části našeho měření, tedy hledání anomálií, nenaplnily naše očekávání. I přestože jsme nastavili stejné parametry jako při experimentu o tři dny dříve, nepodařilo se nám výraznější anomálie vytvořit. V minulosti se mnohokrát opakovaly úspěšné pokusy s hodnotami parametrů Ub= 800V; Ucd=700V;Tcd=2000ms;H2=2 mPa; horní tryska. Pokusili jsme se tyto hodnoty přesně zopakovat, ale došlo pouze k malým anomáliím. Poté jsme zvyšovali zpoždění, ale anomálií jsme nedosáhli.

Následně jsme měřili závislost teploty na dalších parametrech.

ch počáteční ionizaci plynu
Plazma se nevytvořilo
10,2eV
10,2eV
10,3eV
10,3eV
10,6eV
10,4eV
10,5eV

Z těchto výsledků je patrné, že teplota je zdroji počáteční ionizace ovlivněna jen minimálně. 2) Na zpoždění mezi aktivací urychlovacího a udržovacího pole.

16 15,5 15 Fectora (e'v) 14,5 14 13,5 13 12.5 7 5 7 9 11 11 13 Zpoždění (ms)

Zkoušeli jsme závislost na zpoždění mezi 5000ms a 13000ms.

Je vidět, že minimálně do 10ms teplota roste, s vyšším zpožděním ale začne klesat. 3)Na tlaku pracovního plynu v komoře.



Uvádíme data z obou sérií. Jak můžeme vidět, při nižším UBt má tlak vyšší vliv na teplotu nežli při vyšším.

Jak vidíme z obou grafů, nejvyšších teplot dosahujeme kolem 20mPa. Také vidíme, že tlak vodíku na teplotu účinek má, i když poměrně malý.

4. Diskuse

Domníváme se, že vytvořit anomálie se nám nepodařilo z toho důvodu, že v době mezi měřeními, u nichž se anomálie vyskytly a našimi měřeními byly do tokamaku vloženy Machovy sondy, které pravděpodobně omezily prostor, ve kterém se plazma v komoře může pohybovat. Z naměřených dat usuzujeme, že pokud je zpoždění aktivace urychlovacího elektrického pole příliš krátké, magnetické udržovací pole ještě není dostatečně silné na udržení plazmatu ve středu, a proto se plazma brzy ochladí (a tím pádem zanikne) dotekem o stěnu. Pokud je naopak příliš velké, může udržovací pole zeslábnout před začátkem urychlování. Z výsledků, které jsme měli možnost vidět, usuzujeme, že napětí samo o sobě teplotu při zachování hodnot ostatních parametrů neovlivní, teplota závisí na kombinaci napětí s ostatními parametry – čím vyšší je napětí, tím prudší je rychlost růstu teploty v závislosti na zpoždění. Z toho vyplývá, že vlastnosti plazmatu záleží na více parametrech a jejich vzájemném poměru. Je tedy obtížné určit nějaký obecný algoritmus pro výpočet těchto vlastností. Maxima dosahuje teplota při délce zpoždění 10 ms pravděpodobně kvůli tomu, že právě v tuto chvíli dosahuje magnetické pole nejvyšší intenzity.

5. Shrnutí

Přestože se nám nepodařilo získat odpověď na naši první otázku, dokázali jsme poměrně rozsáhle naměřit a popsat problematiku teploty plazmatu v tokamaku. Dokázali jsme odpovědět na otázku, které faktory a jak intenzivně teplotu plazmatu ovlivňují, a u jakých hodnot bývá teplota nejvyšší.

Pomocí dalších sérií měření založených na podobném principu, zabývajících se ostatními vlastnostmi plazmatu bychom mohli lépe určit závislost těchto vlastností na jednotlivých parametrech a získat tak díky tomuto měření ucelený obraz o chování plazmatu v tokamaku a získat tak drobnou nápovědu k hledání algoritmu, který by nám jej předpověděl.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat zejména panu Svobodovi, za organizaci Týdne Vědy a zpřístupnění tokamaku Golem, našemu supervizorovi, Ondřeji Groverovi, za zasvěcení do problematiky tokamaku a následnou pomoc při provádění experimentů.

Reference:

Databáze výbojů tokamaku GOLEM : golem.fjfi.cvut.cz/shots

Leeuwenhoekův mikroskop

D. Jurdová Gymnázium Velké Meziříčí, D.Jurdova@seznam.cz

J. Stratilová Gymnázium Slovanské náměstí - Brno, stratilova.johana@gmail.com

Z. Nosková Gymnázium Na Zatlance - Praha, noskova.zuzka@gmail.com

K. Ilievová

Gymnázium, Milevsko, Masarykova 183; kristyna.ilievova@gymnazium-milevsko.cz

Abstrakt:

Práce představuje fungování Leeuwenhoekova mikroskopu. V principu se jedná o velmi silnou lupu. Naším cílem bylo mikroskop zhotovit a s jeho pomocí pozorovat připravené preparáty.

1 Úvod

Mikroskop jako nástroj vědy má poměrně dlouhou historii a je zajímavé, jakým vývojem prošel. Cílem našeho miniprojektu bylo sestrojit Leeuwenhoekův mikroskop - jeden z prvních mikroskopů. Tento jednoduchý mikroskop ve své době předčil mikroskopy složené a hrál klíčovou roli při zrodu mikrobiologie. Jednalo se o velmi jednoduché zařízení a je pozoruhodné, jakých zvětšení a jaké kvality zobrazení jím bylo možné dosáhnout.

2 Historie

Antoni van Leeuwenhoek (1632 – 1723) byl nizozemský obchodník s plátnem, který se vědeckému výzkumu věnoval jako amatér. Mikroskopy, které sám vyráběl, používal nejprve k zjišťování kvality plátna. Později je začal používat k pozorování okolního světa. Své mikroskopy i techniku pozorování stále zdokonaloval a je pravděpodobné, že vyrobil přes 500 různých zařízení. Zachovalo se jich pouze několik, z nichž nejlepší zvětšují až 275krát.

3 Princip Leeuwenhoekova mikroskopu

Mikroskop je principielně jednoduchý, v zásadě se jedná o velmi silnou lupu. Skládá se z malé skleněné kuličky, která zastává roli čočky. Kulička je usazena mezi dvěma deskami, jak je znázorněno na obrázku 1. Čočka je vsazena do dostatečně malého otvoru tak, aby nevypadla. Vedle mechanického uchycení mají desky ještě dvě další funce. 1) Zabraňují průchodu okolních paprsků, které neprocházejí preparátem. 2) Redukují optické vady zobrazovací soustavy.

3 Výroba

Nejprve jsme vyrobili skleněné kuličky o průměru 1-2 mm. Výchozím materiálem byla skleněná vlákna z běžného skla. Způsob výroby byl následující: Vlákno bylo rovnoměrným pohybem vsouváno do plamene, což vedlo ke vzniku sférické kapičky roztaveného skla. Neroztavený zbytek vlákna usnadňoval manipulaci s kuličkou (Obrázek 2). Dalším krokem byla příprava otvorů v kartonových deskách pomocí špendlíku. Naproti sobě vznikly otvory pro usazení kuličky. Po vložení kuličky jsme kartony slepili sekundovým lepidlem a lepicí páskou.

Na obrázcích 3 a 4 můžete vidět, jak se náš mikroskop liší od originálu.

Výpočet zvětšení:

$$f_o = \frac{n \times D}{4(n-1)} \quad M = \frac{25 \, cm}{f_o} + 1$$
$$f_o = \frac{1.5 \times 0.0015}{4 \times 0.5} = 0.001125 \, m \quad M = \frac{25}{0.1125} + 1 = 223 \, \text{krát}$$

Náš mikroskop zvětšuje 223krát.

4 Pozorování

K otestování našeho mikroskopu jsme zhotovili různé preparáty k pozorování.

1) Vrstva buněk cibule – velmi dobře byly viditelné jednotlivé buňky cibule a jejich jádra.

2) Vrstva buněk na spodní straně listu bazalky – viděli jsme dvě různé struktury buněk. U jedné struktury si nejsme jisti, jestli nevznikla poškozením tkáně při přípravě preparátu.

3) Pylová zrna černého bezu – pozorovali jsme jednotlivá zrna a jejich tvar.

4) Kvasinky rozptýlené ve vodě – v suspenzi musel být dostatek vody, aby se kvasinky v preparátu nepřekrývaly a daly se od sebe dobře rozlišit. Kvasinky mají průměr 4-5 μm.

5) Jogurt rozptýlený ve vodě – jogurtové bakterie se nám bohužel nepodařilo pozorovat kvůli jejich příliš malé velikosti.

Jednotlivé preparáty jsme fotograficky zdokumentovali, viz obrázky 5 až 8.

Zaostřování mikroskopu spočívá v oddalování a přibližování čočky a preparátu. K lepší manipulaci jsme konec mikroskopu s čočkou přilepili k preparátu a druhým koncem jsme pohybovali, čočka se tak přibližovala a oddalovala o pouhé zlomky milimetrů.

Kvalita pozorování závisela na způsobu nasvícení preparátu. Některé preparáty jsme museli nasvítit bodovým zrojem světla.

Při focení byl bodový zdroj světla nutností. Fotografie odpovídají obrazu, který jsme viděli pouhým okem. Ve většině případů je fotografie méně kvalitní než obraz, který jsme viděli pouhým okem.

5 Vzniklé komplikace

První komplikace nastala již při výrobě čočky. Kvůli zbytku skleněného vlákna nebyla čočka dokonale sférická, tím u některých čoček vznikly různé optické vady. Menší čočky umožňují vetší zvetšení, ale manipulace s nimi je obtížnější, např. při uisťování do kartonu. Při vytváření otvoru do kartonu špendlíkem došlo k třepení a tím se zhoršila viditelnost. K zaostření bylo třeba čočku hodně přiblížit k preparátu, témeř ji na něj přitisknout, což způsobovalo rychlé znečištění čočky. Její čištění vzhledem k velikosti bylo velmi náročné.

6 Shrnutí

Podařilo se nám sestavit Leeuwenhoekův mikrsokop, který se od originálu mírně lišil. Bylo jím možné pozorovat mikroorganismy od průměrné velikosti 4 µm. Tím jsme si ověřili, že Leeuwenhoek mohl objevit lidské červené krvinky, které mají průměr 6-8 µm.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Mgr. Pavlu Bažantovi za vedení a přípravu miniprojektu. Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za poskytnutí příležitetosti práce na našem miniprojektu.

Reference:

- 1) Antoni van Leeuwenhoek. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <u>http://cs.wikipedia.org/wiki/Antoni_van_Leeuwenhoek</u>
- LEIDEN, Museum Boerhaave. Antoni van Leeuwenhoek. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <u>http://nl.wikipedia.org/wiki/Antoni_van_Leeuwenhoek</u>
- 3) Understanding Ball Lenses. *Edmund Optics* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <u>http://www.edmundoptics.com/technical-resources-center/optics/understanding-ball-lenses/</u>



Obrázek 1: Schéma našeho mikroskopu



Obrázek 2: Skleněná kulička



Obrázek 3: Naše mikroskopy



Obrázek 4: Leeuwenhoekův mikroskop



Obrázek 5: Buňky cibule



Obrázek 7: Pyl černého bezu



Obrázek 6: Buňky listu



Obrázek 8: Kvasinky

Neutronová-spektrometrie (výlet k reaktoru LR-0)

P. Souček, T. Bautkinová, J. Viktora, T. Gruntorád, L. Dvořák Gymnázium Nymburk, Gymnázium Botičská, Gymnázium Havířov-Podlesí, Gymnázium Nad Kavlírkou pa.soucek@seznam.cz, Deliriosaurus@gmail.com, galactic.cookie@gmail.com, gruntorad.pri2@seznam.cz, ladislav.dvorak9@seznam.cz

1 Úvod

Náš miniprojekt byl díky neočekávané odstávce na reaktoru LVR-15 zrušen a nahrazen obsáhlou exkurzí na reaktoru LR-0, která byla velmi zajímavá a poučná. Přestože jsme byli značně zklamáni z nemožnosti realizace našeho měření, dozvěděli jsme se spoustu zajímavých a užitečných informací o výzkumném reaktoru s nulovým výkonem.

2 Exkurze

Na exkurzi nás provázel ing. Ján Milčák, ředitel provozu reaktoru LR-0. Nejprve jsme byli proškoleni o radiační ochraně, načež jsme se v pláštích a návlecích odebrali na operátorovnu reaktoru, kde jsme si prohlédli řídící pult a byli isme obeznámeni se složitostí iniciačních sekvencí práce operátora není vůbec jednoduchá. Poté jsme se přesunuli do haly reaktoru, kde jsme si prohlédli model palivové kazety a různé typy ionizačních komor. Dále nám byla odsunuta stínící plošina a nahlédli jsme do srdce samotného reaktoru. Když jsme se nabažili pohledu do reaktoru, sestoupili jsme dolů do bunkru, kam se většina exkurzí vůbec nedostane, kde jsme viděli neutronový zdroj, kalibrační koule (z pořátku jsme nikdo nevěděli, na co takové železné koule můžou být, ukazálo se, že na kalibraci) a stěnu reaktoru zvenku, zhlédli jsme také nosné pilony reaktoru a přívodní potrubí od zásobníku moderátoru.


3 Historie

Na místě dnešního LR-0 byl v šedesátých letech vybudován těžkovodní reaktor nulového výkonu TR-0, který byl v provozu mezi lety 1972 a 1979. Avšak vzhledem ke změnám v celosvětové politice jaderné energetiky byl reaktor přestavěn v roce 1980 na lehkovodní typ. Tak vznikl reaktor LR-0. Od té doby až do současnosti slouží LR-0 hlavně pro výzkum aktivních zón, skladovacích mříží a modelových experimentů reaktorů typu VVER-1000 a VVER-440. Do trvalého provozu byl reaktor uveden v červnu 1983.



4 Konstrukce

V palivových proutcích, obsahujících uran U235, probíhá štěpení tepelných neutronů. Reakce je řízena buď výškou hladiny vody, sloužící jako moderátor, nebo experimentálním klastrem. Ve vodě je rozpuštěná kyselina boritá, která slouží jako absorbátor neutronů. Tepelný výkon reaktoru (maximálně 1 kW) nestačí k ohřátí vody ani o jeden stupeň celsia.

K bezpečtnostním prvkům patří například logika výběru dvou správných signálů ze tří paralelně zapojených aparatur. Bezpečnostní řetězec, jehož součástí jsou všechna důležitá zařízení, se v případě poruchy okamžitě rozpojí a odstaví reaktor.

Průměr	3.5 m
Výška	6.5 m
Maximální výkon	1 kW
Tlak	Atmosférický
Teplota	Pokojová
Typ palivových kazet	VVER-1000 (Temelín), VVER-440 (Dukovany)
Aktvní délka pal.článku	1250 mm
Tablety	UO2
Obohacení	1.6-4.4%
Stínění	Betonový bunkr, kadmiový plech, pojízdné plošiny a vrata

5 Poděkování

Děkujeme našemu garantovi Vojtěchu Motyčkovi za rychlé zřízení náhradního programu. Děkujeme řediteli provozu LR-0, panu Ing. Jánu Milčákovi za skvělou exkurzi. Dále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi cSc. za organizaci Týdne vědy.

Simulace vykreslování 3D scény nástrojem POV-Ray

A. Brožová¹, F. Janda², S. Luňák³ ¹Gymnázium Nad Kavalírkou, Praha 5, ²Česko-anglické gymnasium, České Budějovice, ³Gymnázium, Brno, Vídeňská 47

antonie.brozova@gmail.com, janda@cag.cz, s.lunak@hotmail.com

Abstrakt

Cílem projektu bylo vyzkoušet a demonstrovat modelování a vykreslování trojrozměrné scény pomocí programovacího jazyka SDL nástrojem POV-Ray.

1 Úvod

V tomto projektu bylo cílem vytvořit město z náhodně generovaných budov softwarem POV-Ray (Persistence of Vision Raytracer), což je nástroj pro renderování trojrozměrné grafiky pomocí techniky zvané raytracing, která podle zákonů geometrické optiky zpětně sleduje šíření světelných paprsků od světelných zdrojů k pozorovateli. Scéna je popsána programovacím jazykem SDL (scene description language).

2 Modelování objektů

Scény vznikají v kartézské soustavě souřadnic (x, y, z) skládáním základních 3D tvarů, jako je koule (sphere), kvádr (box), plocha (plane) a dalších, a to pomocí příkazů union (sjednocení), intersection (průnik), difference (rozdíl), merge (sjednocení bez vnitřních povrchů). Jazyk SDL umožňuje objekty transformovat, přemisť ovat je nebo je různě otáčet. Program může čerpat z několika přednastavených knihoven barev a textur (colors.inc, textures.inc). Pro získání kvalitních obrázků scény je důležité správné nastavení kamery, tedy její umístění, směr a úhel pohledu, a také vhodné nasvícení (light_source). Ukázka kódu je na obrázku 1 a výsledek renderování na obrázku 2

Bloky tvořící budovy

Všechny použité bloky jsou kvádry se čtvercovou podstavou. Budovy jsou postaveny ze tří druhů bloků. Nejprve byl vytvořen základní, největší blok pro budovu, s délkou strany podstavy 15 jednotek. Tento blok má pět oken na každé obvodové straně. Jako druhý byl vymodelován blok střední velikosti o délce strany 10 jednotek a tři oknech na každé straně. Nejmenší blok má délku strany 5 jednotek a jedno okno. Okna na bloky byla umísť ována pomocí cyklů.

```
#include "colors.inc"
#include "textures.inc"
camera{location <50, 30, 50> look_at <0, 5, 0>}
light_source { <20, 20, 0> color Gray50}
sphere {<9, 2, 9>, 5 texture{Lightning1}}
box{ <0,0,0>, <18,3,18> pigment{ Grey} texture{Chrome_Metal}}
plane{ <0, 1, 0>, -1 pigment { checker color Red, color Blue }}
```

Obrázek 1: Ukázka SDL kódu



Obrázek 2: Výsledek renderování kódu z obrázku 1

Hlavní budova

Hlavní budova je ze všech budov ve městě nejvyšší a stojí v jeho středu. Její úkol je zabezpečovat zdroj světla pro město a vytvářet kopuli, jež celé město přikrývá. (Obrázek 3)

Kopule

Kopule byla vytvořena nad městem pomocí polokoule. Polokoule byla získána odříznutím jedné poloviny koule pomocí krychle. Polokouli ohraničuje kruhová obruč k jejíž výrobě byl použit válec, z kterého byl vyříznut menší válec.

3 Vykreslování scény

Město obsahuje celkem 1376 budov. Každá budova může mít 12 až 47 bloků. O tom, kolik velkých, středních a malých bloků tvoří budovu, je rozhodnuto náhodně. Budovy jsou uspořádány do kruhu s poloměrem 22 budov kolem nejvyšší budovy ve městě.

4 Výsledný obraz

Složením všech částí města jsme získali následující obrázky: 4, 5.

5 Závěr

V tomto miniprojektu jsme si vyzkoušeli základy jazyka SDL v programu POV-Ray a podařilo se nám vytvořit "futuristické město".

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



Obrázek 3: Hlavní budova



Obrázek 4: Město



Obrázek 5: Detail města

Reference

- [1] P. Strachota: Počítačová grafika (přednášky). FJFI ČVUT, Praha, 2014.
- [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 [2014-05-19]
- [4] POV-Ray 3.6.1 Documentation. URL: http://www.povray.org/documentation/[2014-05-19]
- [5] H.J. Greenberg. A Simplified Introduction to <u>MTEX</u>. http://www.ctan.org/tex-archive/ help/Catalogue/entries/simplified-latex.html?action=/tex-archive/info/ simplified-latex/. 1999.

Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití

M. Doležalová, Gymnázium Brno-Řečkovice, market.a.dolezalova@seznam.cz

- K. Kosařová, Gymnázium Trutnov, kaja.kosarova@seznam.cz
- J. Štěpanovský, Gymnázium Třebíč, me@jiristepanovsky.cz
- S. Taborovets, Gymnázium Christiána Dopplera, stastab@gmail.com

Abstrakt:

Cílem práce bylo seznámení se s principy laserů a jejich využitím v medicíně. Proměřili jsme základní výstupní charakteristiku laserové zubní vrtačky a zkoumali vliv záření na zubní tkáň.

1 Úvod

Laserová zubní vrtačka (Obr. 1) používá k odstranění vad na zubu laserové záření. V současné době je tato vrtačka nástrojem, který se hojně využívá v dětských ordinacích, a to především pro svou bezbolestnost. Nevýhodou tohoto nástroje je složitá manipulace a vysoká pořizovací cena. Proto se již vyvíjí lepší vrtačka s jednodušším způsobem ovládání. Toho lze docílit výměnou soustavy zrcadel v artikulačním rameni za optická vlákna.

My se zaměříme na parametry záření zubní vrtačky, především na délku impulsů při různých energiích, dále změříme energii laserového paprsku v porovnání s dodanou energií, zaznamenáme stopy záření a jeho působení na zub. U zubu změříme působení záření ve dvou místech – na dentinu a zubní sklovině, protože tato místa se liší svou strukturou a tvrdostí. Informace o měřených hodnotách získáme z měřicích přístrojů a z následných výpočtů.

2 Experimentální vybavení

Laser

Laser (Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation – Zesilování světla stimulovanou emisí záření) je označení pro soustavu schopnou generovat optické záření. Skládá se z aktivního prostředí a optického rezonátoru tvořeného soustavou zrcadel (Obr. 2).

Lasery se dělí podle typu aktivního prostředí na pevnolátkové, polovodičové, kapalinové, plynové a plazmové.



Obrázek č. 1 - Laserová zubní vrtačka



Obrázek č. 2 - Schéma laseru

Laserová zubní vrtačka

Základem zubní vrtačky je Er:YAG laser patřící do kategorie pevnolátkových laserů. Aktivním prostředím je krystal Erbium:Yttrium Aluminium Garnet produkující záření o vlnové délce 2940 nm, což je infračervené záření. Záření je navedeno do artikulačního ramena (soustava odrazových zrcadel) zakončeného fokusační čočkou. Vysoká absorbce záření ve vodě určuje použití tohoto laseru především v oblasti stomatologie a dermatologie.

Mikroskop

Pro dokumentaci výsledků byl použit optický mikroskop s připojenou kamerou, díky které bylo možno zaznamenat působení laserového záření na různá místa na zubní tkáni.

3 Experimentální výsledky

Pomocí energetické sondy byla měřena výstupní energie laserového paprsku pro různé vstupní energie, a to při různých frekvencích. Bylo patrné že při vyšší frekvenci klesá výstupní energie, zároveň i účinnost laseru (Obr. 3), což je způsobeno ohřátím aktivního prostředí. Dále byla změřena délka pulsu pomocí fotodiody při frekvenci 1Hz (Obr. 4).

Použitá zubní vrtačka byla schopna vytvořit impuls o energii 154 mJ a o délce 576 µs. Celkově tedy její pulsní výkon dosahuje 267 W. Průměr paprsku v ohnisku čočky byl 0,3 mm. Změřené hodnoty zaznamenával osciloskop.



Obrázek č. 3 - Závislost energie laserového paprsku na vstupní energii.



Obrázek č. 4 - Závislost délky pulzu na výstupní energii, vložen oscilogram délky pulzu

Nejprve byly účinky laserového záření vyzkoušeny na fotografickém papíru. Do svazku záření byl následně umístěn plátek zubní tkáně o šířce 1,4 mm. Byl zjišťován počet pulsů potřebných pro perforaci plátku. K té došlo při 42. pulsu při použití energie 105 mJ/puls. Poté bylo provedeno srovnání účinku laserového záření na zubní sklovinu a dentin. Podle očekávání byly větší perforační účinky zjištěny u dentinu (Obr. 5), protože se jedná o měkčí tkáň než zubní sklovina (Obr. 6). Absence chladicího systému se u dentinu projevila spálenými okraji.



Obrázek č. 5 - Účinek záření na dentín



Obrázek č. 6 - Účinek zářění na sklovinu

3 Shrnutí

Lasery mají široké využití, mimo jiné i v zubním lékařství. Důvodem je bezbolestnost zákroku, což je veliká výhoda oproti mechanické vrtačce, jejíž vibrace způsobují bolest.

Při práci s laserovou vrtačkou bylo zjištěno, že na perforaci zubu o tloušťce 1,4 mm stačí 42 pulsů o celkové energii 4,5 J.

Při porovnávání účinku záření na dentin a zubní sklovinu bylo zjištěno větší poškození dentinu, protože se jedná o měkčí tkáň. Vzhledem k absenci chladicího vodního spreje došlo ke spálení zubní tkáně.

Měli jsme možnost si ověřit obtížnost manipulace s artikulačním ramenem při tvoření obrazce na zubní tkáň (Obr. 7). Jsme obohaceni o mnoho nových poznatků z oblasti laserů a jejich praktického použití v zubním lékařství.



Obrázek č. 7 - Obrazec vytvořený laserovou zubní vrtačkou

Poděkování

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

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

Zdroje:

Vrbová M., Jelínková H., Gavrilov P., Úvod do laserové techniky, vydavatelství ČVUT 1973 http://en.wikipedia.org/wiki/Er:YAG_laser

Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu

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

Abstrakt:

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

1 Úvod

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

2 Měření

Popis zařízení:

Celá měřící soustava se skládá z:

Laserového systému



Popis měření:

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

Software a nastavení počítače:

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

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

Graf 1:

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



vlnová délka

Graf 2:

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



Graf 3:

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



Vyhodnocení:

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

3 Shrnutí

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

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

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

Poděkování

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

Reference:

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

Narušování symetrie v laserovém rezonátoru

J. Horáček^{*}, M. Tousek^{**}, T. Brada^{***} ^{*}Gymnázium, Brno, Vídeňská 47; jan.horacek@seznam.cz ^{**}Gymázium Pelhřimov, Jirsíkova 244; m.tou@live.com ^{***}GVPT Martin, Malá hora 3; tomasbrod@azet.sk

20. května 2014

Abstrakt

Jednou z charakteristických vlastností laserového světla je závislost příčného řezu svazku na vychýlení zrcadel rezonátoru laseru. Náplní naší práce bylo ověřit tyto vlastnosti na infračerveném laseru.

1 Úvod

Cílem této práce je ukázat aplikaci vlnové optiky na principy šíření laserového světla, konkrétně popsat tzv. příčné módy laseru na základě vztahů platících pro hermiteovskégaussovské svazky.

K experimentu jsme využili pevnolátkový infračervený laser, u něhož jsme měnili parametry rezonátoru. Rezonátor je optická soustava, která v laseru zajišťuje zpětnou vazbu nezbytnou pro realizaci stimulované emise v aktivním prostředí.

2 Aparatura

Naše měřicí aparatura se skládala z

- laseru, kterým jsme generovali svazek,
- stínítka, na kterém se svazek zobrazoval a
- kamery, kterou jsme obraz snímali.

Aparaturu popisuje obrázek 1, kde jednotlivé komponenty jsou:

(1) Laserová dioda

Pro generaci budícího záření jsme využili konstantně svítící a teplotně stabilizovanou laserovou diodu o vlnové délce $\lambda = 808 \ nm$ a výkonu $P = 0.5 \ W$. Dioda byla chlazena na teplotu $t = 12.5 \ ^{\circ}C$.

(2) **Dvojice spojných čoček**

K zacílení budícího záření do krystalu byla použita soustava spojek s ohniskovými vzdálenostmi $f_1 = 6 \ mm$ a $f_2 = 60 \ mm$.



Obrázek 1: Aparatura

(3) Krystal s napařeným zrcadlem

Vlastní aktivní prostředí bylo tvořeno Nd:YAG krystalem (yttrium hlinitý granát dopovaný neodymem), na jehož vstupním konci je napařené dielektrické zrcadlo, které je zcela propustné pro budící a zcela odrazné pro generované záření. Toto zrcadlo je rovinné. Vlnová délka generovaného záření je $\lambda = 1064 \ nm$.

(4) Polopropustné zrcadlo

Pro optimální funkci rezonátoru jsme využili kulové zrcadlo (poloměr křivosti $r_i = 100 \ mm$, propustnost $t = 0.02 \ \%$). Právě kruhový tvar zabezpečuje stabilitu laseru tím, že pro světlo uvnitř rezonátoru vytváří uzavřenou dráhu.

(5) Stínítko

Laserové světlo dopadalo na stínítko tvořené z běžného kancelářského papíru umístěné kolmo k rovině experimentu.

(6) Kamera s filtrem

Stínítko bylo snímáno CMOS kamerou s předřazeným filtrem blokujícím budící záření. Optická osa kamera-stínítko svírala s osou laser-stínítko úhel $\alpha = 6^{\circ}$. Obraz byl přenášen na monitor a do počítače, kde byl zaznamenáván. Použitý objektiv zobrazoval stínítko v měřítku $1px = 93 \ \mu m$.

3 Teorie

Z vlnové rovnice světla lze po několika přiblíženích a úpravách odvodit paraxiální Helmholtzovu rovnici ve tvaru (1):

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)A - j2k\frac{\partial A}{\partial z} = 0 \tag{1}$$

- ${\cal A}$ komplexní obálka vlnové funkce
- j komplexní jednotka
- k vlnové číslo (= $\frac{\omega}{c}$)
- x, y, z prostorové souřadnice; svazek se šíří ve směru osy z

Nejtriviálnějším řešením rovnice (1) je gaussovský svazek. Hledáme tedy řešení, která se beze změny svého tvaru mohou postupně odrážet od dvou sférických zrcadel tvořících rezonátor. Takové samoobnovující se vlny se nazývají příčné mody (vidy) rezonátoru [1].

V závislosti na zvolené souřadné soustavě lze dospět k různým množinám řešení. Pro kartézský systém pak získáváme řešení zobrazená na obrázku 2 (tzv. hermiteovskégaussovské svazky; vlevo nahoře mod 00, směrem doprava mod roste) jako součin gaussovského svazku a příslušného polynomu.



Obrázek 2: Několik základních hermiteovských-gaussovských funkcí (modů) [2]

Pro polární souřadný systém se jedná o laguerreovské-gaussovské svazky a pro obecný eliptický systém jsou to inceovské-gaussovské svazky.

4 Měření

Komplexní obálku nelze přímo měřit, měříme pouze intenzitu světla, která je rovna kvadrátu její absolutní hodnoty. Rozlaďováním rezonátoru, které jsme realizovali naklopením zrcadla, jsme postupně získávali jednotlivé mody. Obrazy z CMOS kamery jsou k dispozici na obrázku 3.

Naměřené obrázky $\frac{3}{2}$ zjevně odpovídají absolutní hodnotě z hermitovsko-gaussovských funkcí (viz $\frac{2}{2}$).

5 Závěr

Po porovnání naměřených dat s teoretickým modelem (srovnejte např. mod 11 (obrázek 3c) a funkci vpravo nahoře na obrázku 2) jsme došli k závěru, že provedený experiment byl dobře modelován uvedenou teorií. Během měření jsme pozorovali také méně obvyklé mody laguerreovského a incevského typu.



(a) Mod 00





(c) Mod 11

(d) Mod 31

Obrázek 3: Naměřená data

Poděkování

- Ing. Josefu Blažejovi, PhD. za podnětné vedení při realizaci projektu.
- Organizátorům TV@J za možnost tvorby vlastního článku a za prostředky pro jeho vytvoření.

Reference

- [1] SALEH, Bahaa. Základy fotoniky, svazek I. 1. vyd. Praha: Matfyz Press, 1994. ISBN 80-85863-01-4
- [2] http://www.aanda.org/ An orthonormal set of Stokes profiles. http://www.aanda.org/articles/aa/full/2003/49/aa0429/img2.gif.

Čítání fotonů a jeho aplikace

Matyáš Grof Gymnázium Christiana Dopplera mates.grof@gmail.com

Úvod

Postupným vývojem v optoelektronice se čítání jednotlivých fotonů stalo výrazně dostupnějším a v mnoha směrech výhodnější než je vícefotonový přístup Jelikož není třeba příliš výkonných laserů, tak měřící přístroje jsou velice malé a lze je využít i v kosmických projektech. Kvůli samotnému principu čítání jednotlivých fotonů trvá měření podstatně déle (redukce šumu) a tedy toto nelze využít pro měření rychlých dějů.

Čítání fotonů lze využít třeba k měření vzdáleností, přesnému určování polohy, zkoumání struktury mraků, přesnou synchronizaci času, nebo letecké navigaci.

Princip

Z laseru vychází krátké světelné impulzy, z kterých detektor jeden foton zachytí. S přesností na pikosekundy se zaznamenává čas obou dějů, čímž lze určit dobu letu a tedy uraženou dráhu fotonů.

Detektor nedetekuje pouze námi vyslané fotony, ale i okolní šum a šum detektoru. Poměr signál-šum se zlepšuje nejrůznějšími způsoby. Jedna z nejefektivnějších metod jsou filtry vlnových délek. Známe vlnovou délku vysílanou laserem, a tedy můžeme všechny ostatní odfiltrovat. Dále se využívá statistická analýza, tedy vyslání mnoha impulzů v rámci jednoho meření, které převládnou nad šumem a na histogramu je viditelné zvýšení detekcí (viz graf níže – závislost množství impulzů na čase).



Index lomu

Za úkol bylo určit index lomu skla. Z laseru vycházely impulzy přes odrazové sklíčko, které rozdělilo impulz na dva (viz schéma níže). Jeden, který šel rovnou do detektoru a sloužil pro kalibraci, a druhý, který musel urazit podstatně větší dráhu a tedy vyrazil opačným směrem, kde se odrazil směrem k detektoru.

Druhý paprsek procházel přes skleněnou desku (viz obrázek níže), kde světlo putuje pomaleji než ve vzduchu, tedy výsledná naměřená vzdálenost se nám bude jevit větší.



Dráha, kterou paprsek urazil lze spočíst snadno, přes rovnici rychlosti a rozdílu naměřených časů. Index lomu lze vyjádřit jako:

$$n=\frac{c}{v'}$$

kde c je rychlost světla ve vakuu a v je rychlost v daném prostředí. Tedy v našem experimentu lze index lomu spočíst jako:

$$n=\frac{s+\Delta l}{s},$$

kde s je tloušťka skla a Δl je rozdíl naměřených délek.

Graf výše jsou výsledné naměřené hodnoty, kde nejvyšší pík jsou fotony z druhého paprsku, a první pík je první paprsek. Nejmenší pík mezi nimi je paprsek odražený od skla.

Index lomu byl spočten n = 1,5225.

Měření mraků

Toto měření je podobné měření mraků v atmosféře, kde se paprsek odráží od jednotlivých vrstev a po částech se vrací zpět. Tímto lze studovat strukturu a rozložení jednotlivých mraků.

Do druhého paprsku jsem umístil několik odrazivých destiček, které vraceli část paprsku zpět, a tedy můžeme dopočíst jejich polohu z časů jednotlivých píků na histogramu (viz graf níže).



Shrnutí

Metoda čítání jednotlivých fotonů je perspektivní v telekomunikaci, navádění i v určování poloh družic. Má velké využití v budoucnu, i když na první pohled se může jevit jako nepraktický obor.

Poděkování

Nejvíce děkuji svému supervizorovi Vojtěchu Michálkovi za ochotu s čímkoliv pomoci, za snahu a za vysvětlení celého projektu. Dále samozřejmě celému organizačnímu týmu Týdne Vědy.

Reference:

[1] Vacek, M.; Michalek, V.; Peca, M.; Prochazka, I.; Blazej, J.; Kodet,
 J.: <u>Photoncountingaltimeter and lidar for air and spaceborneapplications</u>,
 PhotonCountingApplications, QuantumOptics, and QuantumInformation Transfer and
 Processing III, SPIE, 2011, 80720B, <u>doi:10.1117/12.886454</u>

 [2] Michalek V.; Vacek M.; Peca M.; Prochazka I.; Blazej J.: <u>Photoncounting Lidar</u> <u>fordeepspaceapplications: demonstrator design</u>, Proc. SPIE 8773, PhotonCountingApplications IV; and QuantumOptics and QuantumInformation Transfer and Processing, 87730M (May 6, 2013);<u>doi:10.1117/12.2017403</u>

Mlžná komora

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

- J. Dufek, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady, jaroslav.dufek10@seznam.cz
- T. Popek, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady, tom.popek@seznam.cz

T. Svoboda, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady, tomigo10@seznam.cz

Abstrakt:

Částice ionizujícího záření jsou pro lidské oko neviditelné. Málokdo ale ví, že můžeme pozorovat jejich trajektorie pomocí jednoduchého zařízení sestrojitelného i v domácích podmínkách. V tomto projektu jsme mlžnou komoru zprovoznili, pozorovali jsme v ní zmíněné částice a počítali jejich energie.

1 Úvod

V roce 1911 byla skotským fyzikem C. T. R. Wilsonem vynalezena mlžná komora, jednoduché zařízení umožňující pozorovat trajektorie letících ionizujících částic. I když už se toto zařízení v experimentech vrcholové fyziky nepoužívá, je mlžná komora díky své jednoduchosti stále velmi oblíbená mezi amatérskými fyziky. Na její sestavení stačí průhledná nádoba, topné těleso, líh (nejlépe izopropylalkohol), světlo a chladící médium.

V rámci našeho experimentu jsme používali difúzní mlžnou komoru, ve které jsme pozorovali trajektorie letících ionizujících částic a počítali jsme jejich energie.

2 Princip mlžné komory

Mlžná komora je vyplněna podchlazenou parou ze žlábků a podle podchlazování páry se dělí na difúzní a expanzní komoru. U námi použité difúzní je podchlazování vnější (např. suchým ledem), zatímco u expanzní je chlazení zajištěno roztahováním pístu, díky kterému se plyn roztáhne a ochladí. Nevýhodou tohoto typu je, že častíce můžeme pozorovat jen velmi krátkou dobu.



Obr. 1: Schéma mlžné komory (převzato ze zdroje [1])

Pára v komoře klesá, zachycuje částice prachu a tím se komora vyčistí. Po odstranění prachu začne pára kondenzovat na iontech a to způsobí zviditelnění trajektorií nabitých částic. Zviditelněné trajektorie lze zachytit na fotoaparát.

Pohyb částic ovlivňuje magnet, který je umístěn pod komorou a s jeho pomocí lze změřit energii jednotlivých částic. Částice se pohybují po kružnicích o poloměru r, který je dán vztahem

$$r = \frac{p}{qB} \tag{1}$$

kde p je hybnost, q je náboj a B je remanence magnetu. Z tohoto vztahu zjišťujeme hybnost a tady také energii.

3 Pozorování a výsledky

Použitý materiál

Při pokusu jsme využili mlžnou komoru tvaru čtverce o délce hrany asi 20 cm. Ve žlábku byl využit alkohol izopropylalkohol. Celé zařízení bylo zespoda chlazeno suchým ledem (-79°C) a ve vrchní části odporově ohříváno výkonem cca 10 W. Pro lepší viditelnost pohybujících se částic jsme osvětlovali komoru LED diodami umístěnými nad chladícím médiem. Dění v mlžné komoře zaznamenávala videokamera umístěná těsně nad víkem komory.

Při pokusech jsme používali dva typy zářičů beta. Prvním zářičem bylo ⁹⁰Sr a druhým ¹³⁷Cs. Použili jsme vysoké čistící napětí, Wimshurstovu elektriku, která pracuje na ruční pohon, ke zvýšení počtu viditelných stop. Také jsme využili feritový magnet o rozměrech 10×15 cm.

Pozorování

Při vyhodnocování výsledků z kamerového záznamu jsme určili, že některé částice záření beta nepocházejí pouze z námi zvolených zdrojů záření (⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs) ale i z vnějších zdrojů tzv. pozadí. Snažili jsme se tyto částice nezapočítat do spekter zářičů.

Stroncium byl natolik výkonný zdroj, že jsme ho mohli použít ke kalibraci. Podle zdroje č. [2] má mít magnet remanenci 0,19 T. Při započtení této hodnoty, ovšem naměřené energetické spektrum nesouhlasí s očekávaným výsledkem. Lepší výsledky získáme použitím hodnoty 0,019 T. Chyba je pravděpodobně způsobena vzdáleností magnetu od pozorované oblasti.

Cesium také vyzařuje beta částice, ale kromě nich lze v komoře pozorovat velké množství částic nepocházejících z cesia. To je pravděpodobně způsobeno tím, že gama záření, rovněž vyzařované cesiem, produkuje sekundární částice, přičemž samo v komoře vidět není.

Výsledky



Obr. 2: Námi naměřené hodnoty energií záření stroncia (bílé) a cesia (šedé)



Obr. 3: Hodnoty převzaté ze zdroje [3] (stroncium)

Námi naměřený graf energetického spektra stroncia se po kalibraci podobá referenčním hodnotám. Dle očekávání, maximum spektra cesia odpovídá nižším hodnotám energie než u stroncia. Vzhledem k nejednoznačnosti snímků pořízených při pokusu s cesiem ovšem graf energetického spektra cesia nemusí odpovídat realitě.



Obr. 4: Upravený snímek z mlžné komory; Na horním okraji je umístěn zářič ⁹⁰Sr

4 Shrnutí

Podařilo se nám zprovoznit amatérsky vyrobenou mlžnou komoru, pozorovat v ní trajektorie letících částic ionizujícího záření a vypočítat jejich energie. Ověřili jsme si, že cesium vyzařuje jak částice beta tak i fotony gama, z kterých gama byly téměř nezahlédnutelné, ale způsobovaly nárazy, které již viditelné byly. Dále jsme ověřili, že magnet umístěný pod mlžnou komorou má vliv na trajektorii elektricky nabitých částic. Magnetického pole jsme využili k měření energií částic.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Viktoru Löffelmannovi za pomoc při vypracování tohoto projektu na Týdnu vědy 2014. Speciální poděkování patří panu Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a ostatním organizátorům za to, že se tento projekt mohl uskutečnit.

Reference:

- [1] Difúzní mlžná komora http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/
- [2] Monika Robotková, Miroslav Fil, Adam Konšel, Iveta Zatočilová: Mlžná komora http://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/2013/output/sbpdf/mlkomora.pdf
- [3] H.J. Wollersheim: The RISING active stopper http://web-docs.gsi.de/~wolle/Schuelerlabor/IMAGES/Sr-90%20Betaspektrum.jpg

Jak chránit DNA před zářením

G. Špeldová¹, M. Hyblová², F. Randák³, L. Melcher⁴

1Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Studentská 166, 290 01 Poděbrady ²Gymnázium Česká a Olympijských nadějí, Česká 64, 370 21 Č. Budějovice ³Sportovní gymnázium Kladno, Plzeňská 3103, 272 01 Kladno ⁴Gymnázium Christiana Dopplera, Zborovská 45, 150 00 Praha 5

¹gspeldova@seznam.cz, ²marie.hyblova2@seznam.cz, ³filip.valdek@seznam.cz, ⁴lmelcher1@gmail.com

Abstrakt:

V této vědecké práci jsme ověřovali radioprotektivní schopnost různých látek chránit deoxyribonukleovou kyselinu (DNA) před nepřímým účinkem ionizujícího záření, přičemž jsme si pro experiment vybrali ethanol a 50% moravskou slivovici. Vzorky DNA s potenciálním radioprotektivem o různých koncentracích jsme vystavili gama záření ⁶⁰Co. Změřili jsme poškození DNA v jednotlivých vzorcích. Z našich výsledků vyplývá, že obě vybrané látky mají schopnost chránit DNA před nepřímými účinky ionizujícího záření.

1 Úvod

V případě ozáření buňky (základní stavební jednotky živých organismů) ionizujícím zářením (IZ) dochází k poškozování všech jejich částí. Největšímu poškození podléhá zejména její nejcitlivější část, a to DNA. Poruchy jsou způsobeny přímým či nepřímým účinkem záření. Přímým účinkem rozumíme přímou ionizaci makromolekuly DNA. Nepřímý účinek je způsoben volnými radikály, které vznikají zasažením molekul H2O ionizujícím zářením. Pravděpodobnost přímého zasažení DNA je velmi malá. Budeme se tedy zabývat účinkem nepřímým, který lze modifikovat různými chemikáliemi.

Obr. 1 Struktura DNA s dusíkatými bázemi



2 Experiment

Experiment proběhl v laboratoři Ústavu jaderné fyziky AV ČR. S velkou pečlivostí a přesností bylo připraveno 20 vzorků, na kterých následně proběhlo testování.

Materiály a metody

V roztoku jsme ozařovali plasmidovou DNA (plasmid pBR322), což je kruhová molekula DNA vyskytující se především v cytosolu některých bakterií. Každý vzorek o objemu 10µl obsahoval 90ng DNA v 100mM fosfátovém pufru. Jako vychytávače (scavengery) volných radikálů jsme použili ethanol a jeho 50% roztok, komerčně nazývaný slivovice. Vybrali jsme různé koncentrace vychytávače uvedené v tabulce.



Obr. 2 Strukturní vzorec ethanolu

Ethanol		
Vzorek	Koncentrace	Zředěnost
1	1 M	5x
2	1 M	5x
3	0,1M	50x
4	0,1M	50x
5	0,01M	500x
6	0,01M	500x
7	0,001M	5000x
8	0,001M	5000x
9	0M	\ge
10	0M	\geq

Slivovice 50%			
Vzorek	Koncentrace	Zředěnost	
1	1M	2,5x	
2	1M	2,5x	
3	0,1M	25x	
4	0,1M	25x	
5	0,01M	250x	
6	0,01M	250x	
7	0,001M	2500x	
8	0,001M	2500x	
9	0M	\geq	
10	0M	\searrow	

Tab. 1,2 Koncentrace vychytávačů v jednotlivých vzorcích

Vzorky byly vystaveny účinkům IZ ⁶⁰Co (absorbovaná dávka ve vzorcích byla 10Gy) a poté byly aplikovány do 1% agarového gelu. Abychom oddělili různé konformace DNA, užili jsme elektroforetické metody. Jedná se o metodu založenou na rozdílné rychlosti migrace různě poškozené DNA ve stejnosměrném elektrickém poli. Do gelu jsme přidali fluorescenční barvivo SYBR Green I, které umožňuje pozorovat rozmístění DNA ve vzorcích pod UV zářením.



Výsledky

Analýzou obr. 3 a obr. 4 pomocí softwaru Luthien jsme získali procentuální zastoupení jednotlivých konformací DNA. Konformace DNA mohou být stočené, kruhové (SSB) či lineární (DSB) dvoušroubovice (obr. 5). Z poměrů plochy stanovili jednotlivých píků výtěžky jsme jednoduchých a dvojných zlomů DNA. Výsledky uvádíme dále v tabulce a grafu.

	1000/100	
SSB	stočená DSB	
K	<u> </u>	2
-	DSB SSB*	
kruhová		ineární
SSB	DSB SSB*	SSB
blízko původní SSB	degradovaná	

Obr. 5 Zlomová po	škození DNA
-------------------	-------------

Ethanol					
Vzorek	Koncentrace	Stočená	Linearní	SSB	DSB
1	1M	90,16	0	0,103584	0
2	1M	85,31	0,79	0,166747	0,007963
3	0,1M	70,4	1,8	0,368817	0,01833
4	0,1M	81,59	2,63	0,229424	0,02701
5	0,01M	53,05	0,8	0,641903	0,008065
6	0,01M	57,3	1,77	0,574415	0,018019
7	0,001M	47,79	0,37	0,742047	0,003714
8	0,001M	44,7	0,49	0,810085	0,004924
9	0M	28,49	1,27	1,268237	0,012863
10	0M	34,88	0,57	1,05894	0,005733

Slivovice

Vzorek	Koncentrace	Stočená	Linearní	SSB	DSB
1	0M	43,09	1,9	0,861	0,019
2	0M	43,26	0,52	0,843	0,005
3	1M	90,51	0	0,100	0,000
4	1M	94,99	0	0,051	0,000
5	0,1M	74,98	6,56	0,351	0,070
6	0,1M	85,83	1,6	0,169	0,016
7	0,01M	68,17	1,31	0,396	0,013
8	0,01M	66,81	1,16	0,415	0,012
9	0,001M	51,78	1,51	0,673	0,015
10	0,001M	70,54	1,45	0,363	0,015

Tab. 3, 4 Procentuální zastoupení jednotlivých struktur DNA a odpovídající množství SSB a DSB Legenda k tabulkám

 $SSB-single\ strand-break-jednoduch \acute{y}\ zlom$

DSB - double strand-break - dvojný zlom



Obr.6 Závislost množství jednoduchých zlomů na koncentraci vychytávače

3 Shrnutí

Na gelu po ozáření UV se vyobrazily tři píky (viz Obr. 3, 4). Dolní pík znázorňoval formu stočenou (nepoškozenou DNA), horní pík formu relaxovanou a střední formu lineární.

Dle našich předpokladů chrání ethanol i slivovice lidskou DNA před ionizačním zářením. V běžném životě není možné chránit DNA slivovicí ani jiným typem alkoholu, neboť by člověka dříve zabil alkohol než pronikající záření (alkohol by se měřil v procentech, nikoli v promile).

Poděkování

Naše poděkování patří především Ing. Marii Davídkové, CSc. a jejím kolegům za jejich cenné rady při řešení našeho výzkumného úkolu.

Reference:

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

[2] http://breakingmuscle.com/health-medicine/how-to-strengthen-your-dna-and-createsuper-babies (20. 05. 2014)

DNA a radikály

Anna Martincová¹, Eliška Radová², Adriena Redlová³, Michal Drahozal⁴

¹Gymnázium Trutnov, Jiráskovo náměstí 325,
 ²Gymnázium Česká a Olympijských nadějí, Česká 64, České Budějovice,
 ³Gymnázium, Brno, Slovanské náměstí 7,
 ⁴Gymnázium Česká Lípa, Žitavská 2969

³e-mail: redlova.adriena@gmail.com

Abstrakt:

Nejdůležitější části buňky je její jádro, které obsahuje nositelku genetické informace: DNA. Tato molekula může být poškozena různými faktory, například ionizujícím zářením. Byly ozářeny dvě sady vzorků: suché a tekuté. Po vyhodnocení gelovou elektroforézou bylo zjištěno, že DNA v tekuté formě byla po ozáření poškozena více než ve formě suché.

1 Úvod

Buňka je základní stavební a funkční jednotkou živých organismů. Obsahuje anorganické i organické látky; hlavně vodu, bílkoviny, tuky, sacharidy a nukleové kyseliny. Co je v naší problematice nejdůležitější; buňky obsahují velké množství vody (asi 60 – 90%). Obsah vody hraje důležitou roli při ozáření. Naším úkolem bylo zjistit, jak významná tato role je.

Při ozařování organismu hraje nejdůležitější roli poškození DNA. DNA je nositelka genetické informace všech živých organismů. Je tvořena nukleotidy, které se skládají ze sacharidu, fosfátu a dusíkaté báze (adenin, cytosin, guanin, thymin). Znázornění DNA je na obrázku 1.. Každé dva nukleotidy jsou mezi komplementárními páry spojeny vodíkovými můstky a stočeny do dvoušroubovice. Ta je u chromozomální DNA uspořádána do složitějších smotaných struktur a u plasmidové DNA do kruhu. Plasmidová DNA je pro naše účely vhodnější kvůli své jednodušší struktuře.

DNA je životně důležitá molekula, protože buňkám zadává jejich program a tak předurčuje vývoj i vlastnosti daného organismu. Z toho vyplývá, že když se poškodí DNA, může to mít vážné následky pro konkrétní buňky i celý organismus.

Působením záření může docházet k přímému poškození DNA a na druhou stranu vznikají v buňce ionty, radikály a excitované atomy, které také mohou DNA poškozovat (nepřímé poškození). Vzniklé ionty, radikály a excitované atomy působí na sebe navzájem nebo na jiné molekuly. Tím roste pravděpodobnost poškození struktury buňky i celého organismu.



Obrázek 1: Znázornění DNA

Největší škody způsobuje radikál OH⁻ (je velmi reaktivní, takže téměř okamžitě reaguje s molekulami ve svém okolí a zbavuje je atomů vodíku). DNA se při ozáření poškodí takovým způsobem, že vznikají zlomy na řetězcích dvoušroubovic. Zlom je buď jednoduchý (SSB) nebo dvojný (DSB). Pokud vznikne na dvoušroubovici zlom v jednom místě, pak vzniká kruhová neboli relaxovaná forma plasmidové DNA. Pokud se dvoušroubovice zlomí ve dvou bodech, tak vzniká forma lineární. Celá situace je schematicky znázorněna na obrázku 2.



Obrázek 2: Konformace plasmidové DNA

 67^{2}

2 Postup

Naším úkolem bylo zjistit rozdíly v radiačním poškození suchých a tekutých vzorků DNA. Připravili jsme roztok DNA o 100µl, tak abychom měli 150 ng na vzorek.

První sadu vzorků jsme nakapali na Petriho misku a nechali uschnout. Tím jsme si vytvořili suché vzorky. Ozářili jsme je ⁶⁰Co. Všechny vzorky byly vystaveny záření po stejnou dobu, ale v různých vzdálenostech od zdroje. Získali jsme tak jiné dávky ozáření (0, 50, 100, 250 a 500 Gy).

Tekuté vzorky jsme vystavovali záření samostatně a dávky (0, 5, 10, 25, 50 Gy) jsme měnili různou dobou záření. Do již ozářených vzorků jsme přidali barvivo a zředili jsme je destilovanou vodu. Všechny jsme zamíchali a centrifugovali.

Dalším krokem našeho postupu bylo připravit agarózový gel s malými jamkami. Jelikož je DNA záporně nabitá, bylo možné použít metodu agarózové elektroforézy pro oddělení různých konformací plasmidové DNA. Její princip spočívá v rozdílné pohyblivosti nabitých molekul v elektrickém poli.

Do každé jamky jsme po ztuhnutí gelu napipetovali jeden vzorek a zahájili elektroforézu. Elektroforéza probíhala hodinu při napětí 100 V. Ke zviditelnění výsledku na gelu jsme použili UV lampu. Gel jsme si vyfotili a k analýze jsme použili program Luthien.

3 Výsledky

Pomocí programu Luthien jsme získali data, která jsme použili pro sestavení grafů. Ve spodních částech obrázku 3 můžeme vidět supercoiled formy, výše je zastoupení lineární formy a v nejvyšší vrstvě je vidět zastoupení formy relaxované.



Obrázek 3: Vyfocený gel s výsledky

Z grafu vpravo na obrázku 4 lze vyčíst, že zastoupení kruhové (relaxed) formy, tedy poškozené DNA je vyšší u tekutých vzorků, přestože jsme suché vzorky ozářili o řád vyššími dávkami. Naopak v grafu vlevo je znázorněn pokles supercoiled formy plasmidu, který je podle očekávání výraznější u tekutých vzorků. Důvodem většího poškození DNA u tekutých vzorků je přítomnost vody a tedy i vodních radikálů (např. OH⁻).



3 Závěr

Po ozáření vzorků tekutých a suchých a jejich následné analýze metodou gelové agarózové elektroforézy jsme dospěli k očekávanému výsledku, že poškození DNA v tekutých vzorcích je vyšší, než v těch suchých.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali především naší supervizorce Ing. Anně Michaelidesové za odborný dohled, přínosné rady, vysvětlení a trpělivost. Dále děkujeme celému oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky, AV ČR za poskytnutí prostorů, pomůcek a materiálů nezbytných k uskutečnění našeho miniprojektu. V neposlední řadě jsme vděční organizátorům TV@J za poskytnutí možnosti se této skvělé akce zúčastnit.

Reference:

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

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

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

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

Měření kosmického záření

František Zajíc, Gymnázium Nymburk

fandazajic@gmail.com

Jitka Sýkorová, LSG

sykorova-jitka@email.cz

Ondřej Schejbal, GEKOM

ondra.schejbal@centrum.cz

Tomáš Malínský, GEKOM

ximdy007@gmail.com

Adam Novotný, Gymnázium Vincence Makovského

novotny.adamx@gmail.com

Abstrakt

Kosmické záření je jedna z přírodních složek radiace. Intenzita kosmického záření v atmosféře má dopad na posádku letadel při výkonu svého povolání. Existuje několik faktorů ovlivňujících intenzitu kosmického záření v atmosféře. Naším úkolem bylo změřit závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce a určit prostorový dávkový ekvivalent.

1 TEORETICKÁ ČÁST

Historie

Dříve se soudilo, že za elektrickou vodivost vzduchu může pouze terestriální záření neboli záření Země. V roce 1912 významný rakouský fyzik Victor Franz Hess, jenž podnikl let

balónem, který tuto hypotézu vyvrátil. Zjistil, že se vzrůstající nadmořskou výškou se dávkový příkon zvyšuje.

Kosmické záření

Země je neustále bombardována vysokoenergetickým ionizujícím zářením z vesmíru, které nazýváme kosmické záření. Skládá se z primárních částic (např. protonů, elektronů) a sekundárních částic (např. neutronů, fotonů). Dělí se na galaktické a sluneční.

Kosmické záření v atmosféře závisí na sluneční aktivitě, zeměpisné poloze a nadmořské výšce. Sluneční aktivita je proměnlivá a mění se s jedenáctiletým cyklem. Kosmické záření je zachyceno siločárami magnetického pole Země. Tato oblast se nazývá Van Allenovy radiační pásy. Pouze nejenergičtější částice kosmického záření proniknou po radiačních pásech až k magnetickým pólům. Intenzita kosmického záření v atmosféře také roste s rostoucí nadmořskou výškou. Nejvyšší hodnoty intenzity kosmického záření se nachází v tzv. Pfotzerovu maximu, ve kterém je obsaženo jak primární dopadající záření, tak sekundární záření vzniklé rozpadem primárního.

Detektory

Polovodičový detektor Liulin je křemíkový detektor fungující na principu diody zapojené v závěrném směru. Ochuzená oblast polovodiče je vhodná pro detekci záření, jelikož nenese žádný náboj. Interakcí záření s detektorem vzniká proud procházející tímto detektorem.

Tkáňově ekvivalentní proporcionální počítač (TEPC) se skládá z duté koule nebo válce z plastu s podobnými vlastnostmi jako lidská tkáň. TEPC reaguje na záření stejným způsobem jako živá tkáň. Měří energii záření, která projde jednotkou objemu detektoru.

Veličina

Absorbovaná dávka D vyjadřuje podíl střední sdělené energie a hmotnosti látky. (Gy)

$$D = \frac{d\overline{\varepsilon}}{dm} \tag{1}$$

Dávkový příkon \dot{D} je definován jako absorbovaná dávka za jednotku času. (Gy/s)

Prostorový dávkový ekvivalent H*(10) je radiační veličina, která slouží k odhadu hodnoty efektivní dávky. (Sv)

Efektivní dávka je součtem dávek ve všech význačných tkáních a orgánech lidského těla.

$$E = \sum_{R} w_{R} \sum_{T} w_{T} \cdot D_{T,R}$$
(2)

2 PRAKTICKÁ ČÁST

Postup

Připravili jsme si detektor Liulin a tkáňově ekvivalentní proporcionální počítač. TEPC jsme nakalibrovali a spustili detekci obou detektorů. Poté jsme i s detektory nastoupili do letadla typu Piper, s kterým jsme vystoupali do výšky 2 500 m. n. m. Po 20 min. letu jsme vystřídali posádku a provedli 2. měření. Výsledky jsme vyhodnotili a stanovili jsme energetická spektra částic.

3 Závěr



Graf 1 – Naměřené spektrum



Graf 2 – Závislost dávkového ekvivalentu na nadmořské výšce
Cílem našeho miniprojektu bylo změřit závislost dávkového ekvivalent na nadmořské výšce. Intenzita kosmického záření v atmosféře také klesá s nadmořskou výškou do jednoho kilometru vlivem zmenšující intenzity terestriálního záření. Od nadmořské výšky cca jednoho kilometru začne převažovat záření kosmické nad terestiálním a s narůstající nadmořskou výškou se intenzita kosmického záření dále zvyšuje. Při letu o délce 20 minut, při kterém jsme stoupali do výšky 2 538 m. n. m. a poté klesali, jsme naměřili, že za tento let jsme obdrželi dávku 29 nSv určených tkáňově ekvivalentním proporcionálním počítačem. Hodnota dávkového prostorového ekvivalentu určená polovodičovým detektorem byla naměřena 0,3 μ S.

4 Diskuse

Naměřené výsledky by mohly být zajímavější a zřetelnější, kdybychom měli možnost vyletět do větší nadmořské výšky.

Poděkování

Naše největší poděkování patří supervizorce Dáše Kyselové za odbonou pomoc. Také Janu Kubančákovi a Vojtěchu Svobodovi za vše, co pro nás za tento týden udělali.

Reference

[1] KYSELOVÁ, Dagmar. Radiační zátěž posádek letadel. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská. Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření.

Optické vlastnosti InAs/GaAs kvantových teček

T. Jirman^{*}, F. Kopřiva^{**}, Z. Procházková^{***}

^{*}Gymnázium, Nad Alejí 1952, Praha 6, 160 20, ^{**}Gymnázium Dr. Josefa Pekaře, Palackého 211, Mladá Boleslav 293 01, ^{***}Gymnázium, Na Vítězné pláni 1160, Praha 4, 140 00 ^{*}jirman.tomas@gmail.com

Abstrakt:

Pro optimální využití křemenných optických vláken je velmi vhodné využívat kvantové tečky (KT), které kombinují vlastnosti atomů a pevných látek. Naše práce se věnovala studiu vlastností GaAs/InAs KT a vlivu pnutí redukující vrstvy na jejich luminiscenci. Účelem bylo zjistit, které parametry posunou emisi KT co nejblíže 1300 a 1550 nm, protože v této oblasti dochází k nejmenšímu útlumu signálu v optických vláknech. Maximum luminiscence jsme naměřili u 1525 nm pro KT kryté GaAsSb pnutí redukující vrstvou. Bez této vrstvy se povedlo dosáhnout maxima emise pouze 1238 nm.

1 Úvod

Pravidlem odhadujícím poptávku společnosti po zvýšení výpočetní kapacity počítačů je tzv. Moorův zákon, který předpokládá nutnost zdvojnásobení všech tranzistorů v integrovaných obvodech každé dva roky. Tento růst jsme jen stěží s to uspokojit rozvojem současných technologií, kvůli dosažení limitu velikosti mikročipů nezbývá než dříve či později přejít na nové technologie.

Slibným řešením se jeví být optická vlákna, která na rozdíl od kovových vodičů nevyžadují zásadní chlazení systému a jsou schopna vést i více signálů najednou. Pro maximalizaci efektivity přenosu dat je vhodné posílat vláknem signály o vlnové délce zhruba 1300 a 1550 nm, jelikož tyto délky se ve vláknu nejméně tlumí. Bohužel v současné době je dosažení této vlnové délky složité a nákladné. Slibné se jeví být InAs KT na substrátu GaAs, které mohou díky optimálnímu přizpůsobení energetických hladin emitovat požadované vlnové délky. Na bázi KT můžeme vytvořit lasery, detektory, zesilovače, solární články apod. [1, 2, 3], které se dají používat za pokojových teplot, mají úzký profil vyzařování a jsou časově stabilní [4].

2 Kvantové tečky

Kvantové tečky jsou nízko-dimenzionální objekty, které se na Fyzikálním ústavu vytvářejí pomocí epitaxního růstu na aparatuře MOVPE (organokovová epitaxe z plynné fáze). Heteroepitaxe je metoda uspořádaného růstu krystalické vrstvy na jiném krystalickém materiálu, v našem případě byly takto pěstovány InAs KT na GaAs substrátu (obr. 1, 2). Tím, že se jinak větší mřížka InAs při epitaxním růstu přizpůsobí mřížce GaAs, dojde

k posunutí energetických hladin v InAs KT. Při přechodu z hladiny s větší energií na hladinu o menší energii tak elektron odevzdá více energie, což se projeví kratší vlnovou délkou záření, než by tomu bylo u samotného InAs.



1. Růst kvantové tečky.

Příprava struktur s kvantovými tečkami

V aparatuře MOVPE se substrát GaAs se nejprve zahřeje asi na 700°C, aby se z něj odstranily povrchové nečistoty, a pak se vyhladí nanesením dvou vrstev GaAs. Na substrát se následně za teploty okolo 510 °C nechá proudit In a As. Atomy InAs přejmou mřížkovou strukturu GaAs, ale jsou kvůli tomu hodně stlačené (v normálním stavu je vzdálenost mezi atomy v InAs asi o 7% větší než v GaAs). Zároveň se tyto atomy snaží zachovat objem elementární buňky InAs, takže se protáhnou ve vertikálním směru a následně se díky pnutí přeskupí (samouspořádají) a vytvoří polokulové útvary. Tyto útvary nazýváme KT. Jejich výška se je asi 5-8 nm, šířka asi 20-30 nm.

KT můžeme následně překrýt pnutí redukující vrstvou GaAsSb (PRV), nebo přímo GaAs. Použití PRV má za následek "konzervaci" KT, zachovává jejich tvar a brání jejich rozpouštění. Je tomu tak proto, že mřížková konstanta GaAsSb se nachází zhruba uprostřed mezi konstantami GaAs a InAs, takže snižuje pnutí mezi těmito dvěma mřížkami.



2. Průběh epitaxního růstu.

3. Povrch substrátu s InAs KT zobrazený mikroskopií atomárních sil (AFM).

3 Výsledky

Srovnání vzorků s pnutí redukující vrstvou a bez ní

Naším cílem bylo zjistit, u jaké vlnové délky kvantové tečky emitují nejvíce záření, k čemuž jsme použili fotoluminiscenci. Fotoluminiscence je jev, při kterém je systému dodána energie (v našem případě ozáříme vzorek s KT laserem o vlnové délce 678 nm), která se projeví vybuzením elektronů do vyšších energetických hladin. Po uplynutí určité doby elektrony

samovolně spadnou zpátky na nižší hladinu a přebytečnou energii vyzáří. Intenzitu tohoto záření v závislosti na jeho vlnové délce jsme měřili.



4. GaAs/InAs KT bez a s pnutí redukující vrstvou GaAsSb

V první části naší práce jsme porovnali vlastnosti kvantových teček připravených s GaAsSb PRV, kde koncentrace Sb je asi 10 %, a bez PRV. Ze zpracovaných normalizovaných dat je jasně patrné, že vzorek S PRV měl větší emisní vlnovou délku, což ukazuje na přítomnost větších KT (ve větší KT se k sobě totiž energetické hladiny přiblíží, takže emitované světlomá menší energii, tj. větší vlnovou délku). Naměřené vlnové délky luminiscenčních maximkvantových teček byly u prvního vzorku bez PRV 1238nm a u druhého 1307nm.

Vzorek s vysokým obsahem antimonu v pnutí redukující vrstvě

Dále jsme změřili vzorek s KT, který opět obsahoval PRV, ale tentokrát byla větší koncentrace Sb v GaAsSb PRV, a to 20 %.



5. GaAs/InAs KT s pnutí redukující vrstvou GaAsSb s 20 % Sb. Červená linie odpovídá spektru měřenému za použití 10 % excitační intenzity (laser cloněn filtrem) oproti černé linii.

Z obrázku 5 je patrné, že maximum luminiscence se posunulo až k vlnové délce 1525 nm. Červená linie na obrázku 5 znázorňuje průběh spektra při použití 10 % excitační intenzity (světlo z laseru jsme clonili filtrem) oproti předchozímu měření (černá linie). Kromě maxima u 1525 nm je vidět ještě jedno nižší maximum u 1300 nm, kde pravděpodobně vyzařují kvantové tečky o menší velikosti.

4 Závěr

Dokázali jsme vliv PRV na velikost KT a jejich emisi. Překrytí KT pnutí redukující vrstvou zachovává jejich tvar, čímž lze posunout luminiscenční spektrum k vyšším vlnovým délkám, a to až k 1525 nm. Oproti tomu u vzorku bez PRV jsme naměřili maximum luminiscence pouze u 1238 nm. U vzorku s vysokým obsahem SB v PRV jsme zaznamenali přítomnost dvou typů KT o různé velikosti, což se projevilo dvěma luminiscenčními maximy.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizátorům Týdne vědy, zejména Ing. Janě Kubištové a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za úžasné možnosti, krásné zkušenosti a poznání spojené s miniprojektem a celým Týdnem vědy. Dále děkujeme FZÚ AV ČR, v.v.i. za umožnění měření a poskytnutí obrázku.

Reference:

[1] A. Desurvire et al, Science and technology challenges in XXIst century optical communication, C.R. Physique 12 (2011), pp 390.

[2] K, Neudert et al., Ultrafast photoluminescence spectroscopy of InAs/GaAs quantum dots, Phys. Status Solidi C 6, č. 4, 2009, pp 853-856.

[3] E. HULICIUS, B. VELICKÝ, Heterostruktury, které slouží všem, In: *Vesmír* [online], 2001 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://casopis.vesmir.cz/clanek/heterostruktury-ktere-slouzi-vsem .

[4] V.A.Shchukin, N.N. Ledentsov, D. Bimberg, Nanoscience and Technology, Epitaxy of Nanostructures, Springer, Berlin Heidelberg 2004, pp 315-333.

[5] HULICIUS, Eduard, Epitaxe z organokovových sloučenin, MOVPE –princip, In: [online] [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.fzu.cz/~hulicius/princip2.pdf.

Nanotechnologie: příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání

Pavla Bérešová, Mendelovo gymnasium v Opavě Vít Kabele, SPŠ SE České Budějovice Patrik Mizera, Gymnasium Turnov Denis Dusík, Gymnasium Ch. Dopplera

Katedra fyzikální elektroniky, v Holešovičkách 2, Praha 8

Abstrakt

V našem projektu jsme vytvářeli substrát pro SERS(Surface Enhanced Raman Spectroscopy). Tato metoda využívá zesílení Ramanova rozptylu na molekulách, které se nacházejí v blízkosti kovových nanostruktur (substrátu). Díky takto vytvořenému substrátu jsme mohli změřit spektroskopii různých koncentrací methylenové modři. Poté jsme pozorovali závislost měřeného signálu na koncentraci.

1. Úvod

Ramanův rozptyl je jev objevený roku 1928 Chandrasekhara Venkata Ramanem. Jedná se o nepružný rozptyl vln elektromagnetického záření na molekulách. Rozptýlený foton má nižší energii než před rozptylem. Tento rozdíl energie se spotřebuje na přechod molekuly do jiného vibračně-rotačního stavu. Fotony, které změní svou energii, můžeme detekovat a zobrazit do spektra. Ty jsou pak charakteristická pro každou látku. Tento rozptyl se však děje pouze u jednoho z 10⁶ až 10¹² fotonů, a proto je nutné velké množství látky k detekci Ramanova rozptylu. Umístěním pozorované látky na povrch z ušlechtilého kovu se signál zesílí o několik řádů (6 až 10). Tento jev poprvé objasnil Richard Van Duyne. Jeho původ přisoudil nanostrukturám na povrchu substrátu. Do praxe zavedl užití uspořádaných polystyrenových nanokuliček sloužících jako šablona pro pokovení. Tuto techniku jsme pro přípravu substrátu využili i my.

Metoda SERS má velký potenciál pro využití například v elektrochemii, biomedicíně, diagnostice a dalších, právě díky schopnosti rozeznat ze spektra konkrétní látku i při její malé koncentraci. Oproti jiným metodám detekce látek je tato rychlejší, levnější a vyžaduje velice malé množství materiálu.

2. Postup

Nejprve jsme naředili disperzi polystyrenových nanokuliček ve vodě čistým ethanolem v poměru 1:1. Tuto disperzi jsme nanášeli pomocí zahnuté skleněné pipety tak, aby se na hladině vody vytvořila monovrstva. Tyto kuličky se spontánně uspořádávají na vodní hladině tak aby zaujmuly energeticky nejvýhodnější polohu.



Samouspořádaná poloha nanokuliček

Zatímco probíhal proces

samouspořádání, jsme nařezali křemíkové destičky, které bylo nutno pečlivě očistit. Poté jsme na ně nanesli monovrstvu kuliček z vodní hladiny. Pro odstranění přebytečné vody se vzorky uložily do magnetronové naprašovačky, kde se pomocí vývěvy odčerpal všechen vzduch a s ním i vodní páry. Dále se v argonové atmosféře vrstva nanokuliček v naprašovačce pokryla 20 nm zlata.

Během vysušování a naprašování vzorků jsme připravili roztoky methylenové modři v koncentracích 10⁻⁴ M (mol/l) až 10⁻⁸ M, ve kterých se vzorky nechaly máčet přes noc, aby se na jejich povrchu navázalo dostatečné množství molekul látky.

3. Měření

Měření proběhlo na Oddělení fyziky biomolekul na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, kde jsme měli možnost využít Ramanova mikroskopu, který využívá He-Ne laseru.



Methylenová modř



Vzorek ozářený laserem



Ramanův mikroskop

4. Výsledky

Vytvořili jsme velké domény uspořádaných kuliček, které byly vhodné pro metodu SERS, díky pravidelnosti uspořádání.



Výstupem našeho měření byly grafy spekter.



Na porovnání spekter můžeme pozorovat, jak s klesající koncentrací klesá také intenzita měřeného Ramanova rozptylu. U nejmenší koncentrace methylenové modře je již znatelně viditelný pík křemíku z podložky, který je při vyšších koncentracích modři hůře pozorovatelný.

5. Závěr

V tomto projektu jsme si vyzkoušeli přípravu substrátů pro SERS pokovením samouspořádaných polystyrenových nanokuliček. Měřením ramanovských spekter jsme ověřili, že námi vytvořený substrát funguje. Dokázali jsme naměřit spektra až pro koncentraci 10⁻⁷ M.

6. Reference

[1.] Štolcová Lucie, Analýza a realizace nanostruktur pro povrchem zesílený Ramanův rozptyl, diplomová práce, KFE FJFI ČVUT v Praze, 2010/2011

Rentgenfluorescenční analýza

Autoři

- Karolína Bílková; Gymnázium Trhové Sviny; carrottka@seznam.cz
- Miroslav Fil; Gymnázium Příbram, Legionářů; miroslav.fil@seznam.cz
- Tomáš Vaníček; Gymnázium Jírovcova, České Budějovice; thom.vanicek@gmail.com

Abstrakt

Za použití aparatury pro rentgenofluorescenční analýzu jsme zjistili složení dvacetikorunové mince a v porovnání s daty ČNB ověřili jejich pravost. Zjistili jsme, že naše mince byla s největší pravděpodobností pravá.

1 Úvod

Rentgenfluorescenční analýza je založena na fotoefektu. Letící foton narazí do elektronového obalu atomu, v němž je pohlcen elektronem. Posléze se tento elektron ionizuje a je-li jeho kinetická energie vyšší než vazebná, opustí elektronový obal. Následně dojde k přechodu elektronu z vyšší vrstvy do nižší, při čemž se vyzáří světlo určené rozdílem energií daných vrstev. Toto záření pak můžeme detektorem zachytit a změřit jeho energii. Jelikož má každý prvek tabulkově dané hodnoty rozdílů energetických hladin, dá se určit, o atom kterého prvku se jedná.



obr. 1 - schéma fotoefektu

Při této analýze se dá určit prvkové složení zkoumaných předmětů, například historických děl či různých kovových předmětů. V této práci je zkoumáno složení dvacetikoruny a porovnání s daty České národní banky, zda není falzifikována.

2 Metoda měření

Testovací aparatura se skládá z rentgenky (napětí - 30 kV, proud - $5 \mu A$) a detektoru, který zaznamenává počet impulzů a jejich energii. Poté je zapotřebí energetická kalibrace naměřených spekter.

2.1 Energetická kalibrace

Za tímto účelem se užívá kalibrační destička se známým složením prvků. Naměřené kalibrační spektrum je znázorněno na obrázku 2. Zde jsou naznačené K α linky daných prvků. Srovnáním s tabulkovými hodnotami energií K α (viz tabulka 1) je vypočtena kalibrační rovnice ve tvaru: y = 0.0303x - 0.0445. Touto rovnicí se přepočítají všechna naměřená spektra.



tab. 1 – tabulkové hodnoty Kα linek



2.2 Kvantitativní kalibrace

Kvantitativní kalibrace je nutná pro zjištění množství příslušeného prvku přítomného ve vzorku. Zde se využilo různých mosazných standardů se známým prvkovým složením Cu a Zn. Vytvoří se vztah mezi plochou peaku a známým složením. V našem případě se vytvořil vztah mezi poměrem ploch peaků Cu/Zn a jejich procentuálním zastoupením. Z obrázku 3 se určila rovnice pro kvantitativní kalibraci $y = 0,0947x^2 + 0,5085x + 0,5753$. Pomocí této rovnice se dá z naměřeného spektra spočítat procentuální zastoupení prvků Cu a Zn ve vzorku.



obr. 3 - graf kvantitativní kalibrace

3 Výsledky

Během projektu bylo zkoumáno složení dvacetikoruny. Z analýzy mosazných standardů se známým procentuálním zastoupením mědi a zinku se naměřily plochy peaků, které byly užity ke kvantitativní kalibraci. Poté se naměřila plocha peaků dvacetikoruny. Při dosazení poměru ploch dvacetikoruny do kvantitativní kalibrační rovnice se získá poměr procentuálního zastoupení mědi a zinku. Z toho se určí procentuální zastoupení obou prvků. Měřením vzorků se získaly hodnoty zobrazené v tabulce 2.

	S Cu	S Zn	poměr ploch	% Cu	% Zn	poměr procent
standard 1	973781	685530	1,42	58,7	40,2	1,46
standard 2	1103014	518354	2,13	66,8	31,2	2,14
standard 3	1185430	347006	3,42	72,7	21,5	3,38
standard 4	1282735	258658	4,96	78,8	14,5	5,43
20 Kč	1259470	426221	2,95	*74,4	*25,6	*2,90

Tab. 2 – výsledky projektu; * hodnoty získané vypočtením z rovnice: $y = 0.0947x^2 + 0.5085x + 0.5753;$

S Cu a S Zn – plochy peaků mědi a zinku

4 Shrnutí

Česká národní banka udává, že složení této mince by mělo být ze 75 % měď a z 25 % zinek. Našim měřením se získaly hodnoty pro měď 74,4 % a pro zinek 25,6 %. Odchylky jsou malé (v řádu desetin procent), a proto se dá usoudit, že použitá mince je originál.



Poděkování

obr. 4 - použitá dvacetikoruna

Rádi bychom poděkovali organizátoru týdne vědy panu Ing. Vojtěchu Svobodovi a našemu ctěnému supervisorovi, Ing. Jiřímu Martinčíkovi, Ph.D., za odborné rady a pomoct při projektu a Právnické fakultě UK za stravu.

Reference

ŠTEFÁNIK, Milan. Štúdium produktov aktivačných reakcií rýchlych neutrónov pomocou γ-spektrometrie [online]. Praha, České vysoké učení technické, 2007. Dostupný z WWW: <http://www.scrigroup.com/limba/ceha-slovaca/33/tdium-produktov-aktivanch-reak72516.php>

Česká národní banka. 20 Kč [online]. Dostupný z WWW: http://www.cnb.cz/cs/platidla/mince/mince_20czk.html

Termoluminiscenční dozimetrie

Jiří Krych

Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická České Budějovice

krychac@seznam.cz

Abstrakt:

V článku je vysvětlen princip termoluminiscenční dozimetrie. Je popsán postup kalibrace termoluminiscenčních dozimetrů typu TLD-1000 v dávkovém intervalu 0 až 6 Gy při ozáření na fotonovém ozařovači GammaCell 220 a následném vyhodnocení na TLD readeru Harshaw TLD 3500. Na základě kalibrace byla určena dávka neznámé skupiny ozářených dozimetrů.

1 Úvod

Cílem tohoto projektu bylo seznámit se s principem termoluminiscenční dozimetrie (dále TLD), která je využívána jak v osobní dozimetrii, tak v lékařských aplikacích (radiodiagnostika, radioterapie) ale i v dozimetrii životního prostředí. Hlavním cílem práce bylo určit dávku, neznámě ozářené sady dozimetrů.

2 Princip termoluminiscenční dozimetrie

Po ozáření některých pevných látek dochází v jejich sruktuře k určitým vratným změnám. Tyto změny se projevují tím, že když tuto látku zahřejeme, vyzařuje světlo. Množství tohoto světla je do jisté míry úměrné energii (tj. dávce), kterou látka obdržela v důsledku interakce ionizujícího záření. Tento jev se nazývá termoluminiscence.

Princip lze vysvětlit na základě pásového modelu pevných látek, zjednodušená ilustrace je znázorněna na Obr. 1.



Obr. 1: Princip termoluminiscenční dozimetrie

V důsledku absorbce/interakce ionizujícího záření je elektron z valenčního pásu excitován do vodivostního pásu, kde se může (volně) pohybovat. Při návratu elektronu do nižšího energetického stavu se může elektron zachytit v elektronové pasti. Při TLD vyhodnocení je kontrolovaným zahřátím elektron přenesen zpět do vodivostního pásu, respektive může být následně zachycen v luminiscenčním centru. Při opouštění luminiscenčního centra jsou vyzářeny (luminiscenční) fotony (z viditelné oblasti spektra). Počet těchto fotonů je přímo úměrný (radiační) dávce, kterou látka absorbovala v důsledku interakce ionizujícího záření.

3 Materiál a metody

Při práci jsme použili dozimetry typu TLD-1000, jedná se o fluorid litný s příměsí hořčíku a titanu, LiF:Mg, Ti, viz obr. 2.



Obr. 2: Dozimetry TLD-1000

Dozimetry jsme rozdělili do čtyř skupin (po sedmi dozimetrech). Jednu skupinu jsme nechali neozářenou, ostatní skupiny jsme ozařovali v dávkámi 2 Gy, 4 Gy, resp. 6 Gy. Dozimetry jsme ozařovali na přístroji GammaCell 220, který obsahuje radionuklid Co-60. Foto ozařovače je na Obr. 3. Dávka, kterou ozařovaný dozimetr obdrží je úměrná době ozáření (dávkový příkon 38,5 Gy/hod). Všechny skupiny dozimetrů jsme postupně vyhodnocovali na

přístroji Harshaw TLD 3500, viz Obr. 4. Jako směrnou hodnotu termoluminiscenční odezvy jsme uvažovali celkový elektrický náboj na výstupu z vyhodnocovacího řetězce.



Obr. 3: Gamma Cell 220



Obr. 4: Harshaw TLD 3500

Hodnoty TL odezvy jsme statisticky zpracovali. Aritmetické průměry TL odezvy jsme vynesli do grafu v závislosti na dávce, kterou byl dozimetr ozářen. Těmito body (modré body na Obr. 5) jsme s použitím metody nejmenších čtverců proložili kalibrační přímku, viz Obr. 5.



Obr. 5: Kalibrační přímka

Podle vzorce $D = (y+2,33 \ 10^{-6})/1,65 \ 10^{-5}$ jsme vypočítali, že dávka (pro nás neznámá), kterou byla ozářena pátá skupina dozimetrů je 2,65 ± 0,14 Gy, tj. relativní chyba je 5,1%. Dávka, resp. její TL odezva je na Obr. 5 znázorněna červeným bodem.

4 Shrnutí

Naučili jsme se a vyzkoušeli si principy termoluminiscenční dozimetrie. Na přístroji jsme změřily TL odezvy, na základě kterých jsme sestrojili bodový graf s proložením kalibrační přímky. S pomocí kalibrační přímky jsme následně zjistili (neznámou) dávku, kterou byla ozářena pátá skupina dozimetrů - $2,65 \pm 0,14$ Gy, relativní chyba 5,1%.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému supervisorovi Ing. Tomáši Urbanovi za vysvětlení principů termoluminiscenční dozimetrie.

Reference:

- [1] HOROWITZ, Y.S. (Ed.) *Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry*. Vol. I.-III. Boca Raton, CRC Press, 1984
- [2] MUSÍLEK L., ŠEDA J., TROUSIL J. Dosimetrie ionizujícího záření (Integrující metody). ČVUT, 1992 (skripta)

Jak poznat dávku z barvy gelu

Jan Hruškovič, Gymnázium T. G. Masaryka, Zastávka Jiří Povolný, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno Monika Robotková, Gymnázium Velké Meziříčí, Velké Meziříčí jan.hruskovic@hotmail.com, urlikpov@gmail.com, robotkova.m@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení s Frickeho gelovým dozimetrem s xylenolovou oranží a provedení experimentu, při kterém jsme tento gel vyrobili, následně po intervalech ozářili a nakonec vyhodnotili změnu barvy v závislosti na dávce ionizujícího záření ve spektrofotometru.

1 Úvod

Gelové dozimetry jsou speciálním druhem chemických dozimetrů, které měří souhrnnou dávku za určitý časový interval. Jejich výhodou oproti běžně používaným dozimetrům je možnost 3D vyhodnocení, což se uplatňuje například při kontrole ozařovacích plánů v radioterapii. Existují dva typy gelových dozimetrů – polymerní a radiochromní. V tomto miniprojektu bylo naším cílem vyrobit radiochromní Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží, který funguje na principu radiační oxidace železnatých iontů na železité, které reagují s xylenolovou oranží za vzniku barevných komplexů.

2 Experiment

2.1 Příprava

K přípravě jsme použili 2,5 mM xylenolové oranže, 1 mM Mohrovy soli, 50 mM kyseliny sírové a 10% roztok želatiny. Následně jsme všechny složky smíchali, rozlili do šesti kyvetek a dali do ledničky na 15 minut, aby ztuhly.

2.2 Ozáření

Po ztuhnutí jsme jednotlivé vzorky pomocí kobaltového ozařovače Gammacell 220 o dávkovém příkonu cca 60 Gy/hod. ozářili, interval byl 6 minut po dobu 30 minut. Jeden vzorek byl neozářen, abychom mohli porovnat barvu ozářených a neozářeného vzorku. Díky různým časovým intervalům byly kyvetky vystaveny různým dávkám, a to: 6 Gy, 12 Gy, 18 Gy, 24 Gy a 30 Gy.

2.3 Měření

Posledním úkolem bylo měření absorbance vzorků na spektrofotometru Helios ß. Absorbanci A (optická hustota) definujeme jako

$$A_{\lambda} = -\log\frac{I}{I_0}$$

Kde I_0 je počáteční intenzita a I intenzita světla určité vlnové délky λ , které prošlo daným vzorkem. Prvně byla změřena absorbance vody, která byla stanovena jako referenční hodnota pozadí. Následně byla naměřena absorbance všech vzorků a vzorek, který nebyl ozářen. Výsledné hodnoty byly vyneseny do grafů.

2.4 Výsledky

Z prvního grafu byla určena referenční vlnová délka $\lambda = 591$ nm, při níž byla následně měřena absorbance všech šesti vzorků. Ze získaných hodnot byl vytvořen graf, následně byly hodnoty proloženy přímkou o rovnici y = 0,0644x + 0,0602. Nulová hodnota byla vynechána, protože do přibližně 4 Gy není nárůst absorbance lineární, je potřeba překročit minimální práh.





3 Shrnutí

Vyrobili jsme Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží a pozorovali jeho vlastnosti, konkrétně změnu barvy, po ozáření dávkami 6 – 30 Gy za použití absorpčního spektrofotometru a ověřili si lineární nárůst absorpce v tomto rozsahu. Výsledky splnily naše očekávání, pokus byl velice zajímavý.

Poděkování

Děkujeme supervizorce Ing. Kateřině Pilařové za spolupráci při miniprojektu a velmi ochotnou pomoc při tvoření prezentace. Také děkujeme organizačnímu týmu za uspořádání Týdne vědy 2014.

Reference:

Měření dávky gelovými dozimetry. In: [online]. 2013 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/2013/output/sbpdf/gely.pdf

Po stopách Eratosthena

I. Brátová¹, J. Dvořák² ¹Gymnázium Trutnov, Ivca.Bratova@seznam.cz ²Gymnázium Botičská, Praha 1, dvorak1430@seznam.cz

Abstrakt:

V našem miniprojektu jsme úspěšně zopakovali pokus ze starověkého Řecka, ve kterém se Eratosthenes pokusil změřit poloměr Země s minimem pomůcek a informací, použili jsme pouze znalosti základní geometrie a předpokladu, že Země je kulatá.

1 Úvod

Už ve starověkém Řecku žilo mnoho myslitelů, kteří předběhli svoji dobu - mezi nimi i Eratosthenes z Kyrény (284-192 př. n. l.). Tento význámný správce alexandrijské knihovny a zakladatel vědecké geografie a kartografie dokázal již kolem roku 240 př. n. l. přibližně vypočítat poloměr kulaté Země. Tehdy používal vzdálenost mezi egyptskou Alexandrií a dnešním Asuánem.[1, 2]

2 Zjištění poloměru Země

Výpočet poloměru Země

Stejně jako Eratosthenes jsme uvažovali, že Země je kulatá a že Slunce je dostatečně vzdáleno, aby paprsky světla dopadající na povrch Země byli navzájem rovnoběžné. Dále potřebujeme znát vzdálenost místa v severo-jižním směru, kde je v den měření během poledne Slunce kolmo nad povrchem, tj. jeho paprsky nevrhají na onom místě stín.

Naše měření proběhlo na střeše budovy FJFI Břehová v Praze, 3396km od kráteru sopky Emi Koussi v Čadu, dne 19.5. 2014 mezi 12. a 14. hodinou.

K měření jsme použili zhruba dvoumetrovou tyč upevněnou pomocí stojanu kolmo na povrch Země. Správný sklon tyče jsme ověřili olovnicí. Na systém papírů rozložených po zemi jsme vynášeli pohyb stínu tyče.

 $\frac{\tan(\varphi) = \frac{s}{l}}{l}$, kde *s* je nejkratší naměřená velikost stínu, *l* délka tyče a φ úhel mezi tyčí a světelným paprskem. Ze znalosti vzdálenosti čadské sopky dopočítáme zemský poloměr: $R = \frac{d}{\varphi}$



Měření

Tyč měla přesně výšku 202,5 cm. Měřili jsme stín nejdříve po dvou minutách, poté po minutových intervalech. Bylo-li zataženo, hodnotu jsme nevyznačovali. Nejmenší hodnota délky stínu byla 113,9 cm a poledne zřejmě nastalo ve 12:49. Zjistili jsme, že úhel, jež paprsky svírají s tyčí v Praze je $\varphi = 29 \circ 21'$. Vypočtená hodnota poloměru Země je tedy R = 6628 km.



Diskuse

Experimentálně jsme stanovili velikost poloměru poledníků na 6 628 km a obvod Země měřený po poledníku vychází 41 645 km. Na základě porovnání se skutečnými hodnotami [3] 6 357 km a 40 008 km lze říci, že odchylka je relativně malá. Chyba byla způsobena neostrou hranicí stínu způsobenou příliš velkým poloměrem tyče a relativně dlouhou periodou měření. Dále kráter sopky nebyl čistě v severo-jižním směru, což mělo za následek prodloužení skutečné vzdálenosti, a ani naše měřící technika nebyla dostatečně přesná.

3 Shrnutí

Tento jednoduchý pokus demostruje vyspělé myšlení starověkých Řeků a fakt, že lze jednoduše získat relativně přesná data o Zemi, v našem případě odchylka naměřeného a skutečného poloměru činí 4,3%.

Poděkování

Rádi bycchom poděkovali naší garantce Ing. Heleně Kolešové za veškeré insprativní poznámky a podněty, za nezanedbatelnou pomoc při vypracování tohoto miniprojektu, obědy v Menze. Naše díky si také zaslouží Ing. Vojtěch Svoboda, organizátor dalšího báječného ročníku Týdne vědy (2014), a celá Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská při ČVUT a naše stávající školy, jež nás v podobných aktivitách podporují.

Reference:

- [1] ŠTOLL, I. Dějiny fyziky Prometheus 2009
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Earth

Dimenze iteračních fraktálů

Ondřej Jeřábek, Ivana Krumlová, Michal Martinek, Martin Scheubrein

Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14, Brno Gymnázium Havířov-Podlesí Gymnátium Třebíč, Třebíč

> ondrejjerabek@gmail.com ivca.krumlova@gmail.com martinek8@gmail.com m.sche@seznam.cz

Abstrakt

Fraktály jsou objekty, které jsou v jistém smyslu nekonečné a nelze jim jednoznačně přiřadit celočíselnou dimenzi, jak je tomu možné u jednodušších tvarů, jako je úsečka, kruh nebo krychle. Je ale možné vypočítat jejich dimenzi jako reálné číslo. Tato práce je zaměřena na fraktály iterační, které vznikají pomocí stále se opakujícího rekurzivního algoritmu a jejichž dimenzi lze spočítat zcela přesně a jednoduše. Spočítáme dimenzi Kochovy křivky, Sierpinského trojúhelníku a dalších známých fraktálů.

1 Úvod

Fraktály jsou obrazce, které v různých měřítkách vykazují stále stejné vzory – fraktály jsou soběpodobné. Jedním ze způsobů, jak fraktály generovat, jsou tzv. *iterační systémy (IFS)*. Na základní, jednoduchý obrazec se rekurzivně donekonečna aplikuje určité transformační pravidlo. Obrazec se tím stává nekonečně složitým. Lze mu však přidělit reálnou dimenzi, což je mimo jiné úkolem této práce.

Iterační systémy

Iterační systémy či *systémy iterovaných funkcí* jsou jednou z nejběžnějších metod generování fraktálů. Spočívají v opakované aplikaci jednoduchého transformačního pravidla, obyčejně zmenšení a rotace či posuv, na výchozí obrazec a rekurzivním voláním tohoto pravidla na nově vzniklé vzory. Fraktál se tím vykresluje do stále jemnějších detailů ve stále menším měřítku. Předpis tohoto pravidla říká, které části stávajícího vzoru se mají vyjmout a nahradit pozměněnými kopiemi celku.

Dimenze fraktálů

Pomocí fraktální dimenze lze jednoduše popsat složitost fraktálů [1]. Ke zjištění dimenze je možné použít několika metod – soběpodobnostní dimenze, která vychází z opakování podobných tvarů ve fraktálu, mřížková dimenze, která používá rozdělení oblasti, kde fraktál leží, na čtverce, a Hausdorfova dimenze, která využívá rozdělení R^n na velmi malé podmnožiny.

2 Metodika



Obrázek 1: Princip určování soběpodobnostní dimenze

Ke zjišťování dimenze fraktálů byla použita soběpodobnostní dimenze. Z obrázku (*obr.*1) (převzato z [1]) vyplývá, že mezi počtem částí *a* a faktorem zmenšení *s* existuje vztah $a = \frac{1}{s^D}$, kde *D* je dimenze objektu. Po vyjádření *D* z něj vyplývá vztah $D = -\frac{\log(n)}{\log(s)}$. Takto lze vypočítat dimenzi všech iteračních fraktálů.

Fraktály byly zobrazovány pomocí programovacího jazyka Asymptote, ve kterém byly vytvářeny algoritmy používající rekurzivní funkce, které opakovaně vykreslovaly tytéž tvary s pozměněnou orientací a velikostí.

3 Výsledky

Kochova křivka (*obr.*2) vzniká z původní úsečky vyjmutím její střední třetiny a nahrazením dvěma úsečkami o délce odpovídající třetině délky úsečky původní, které svírají úhel 60°. Její dimenze je rovna 1,262. Jelikož stále jde o lomenou čáru, byť je nekonečně dlouhá, její dimenze se stále spíše blíží dimenzi 1.

$$D = \frac{\log 4}{\log 3} = 1,262$$

Sierpinského trojúhelník (*obr.*3) vzniká rozdělením původního rovnostranného trojúhelníku na čtyři menší a odebráním prostředního z nich. Algoritmus je rekurzivně aplikován na zbývající tři. Dimenze Sierpinského trojúhelníku je 1,585. Tento tvar se svou dimenzí již přibližuje dvourozměrnému obrazci.

$$D = -\frac{\log(3)}{\log(\frac{1}{2})} = 1,585$$

Sierpinského koberec (*obr.4*) je vytvořen z původního čtverce odebráním prostředního čtverce o hraně s třetinovou délkou oproti původnímu čtverci a rekurzí tohoto algoritmu na zbylých osm menších čtverců. Vzniká tak obrazec s nekonečně malou plochou. Ačkoli je Sierpinského koberec vzkreslen podobným algoritmem jako Sierpinského trojúhelník, jeho dimenze je výrazně vyšší -1,893 – blíží se tedy více ploše než křivce.

$$D = -\frac{\log(8)}{\log(\frac{1}{3})} = 1,893$$

Dimenze rekurzivního kříže (*obr.*5), vytvořeného opakovaným překřížením úsečky kolmou úsečkou, je 2. Tvoří tedy plnohodnotný dvojrozměrný obrazec.

$$D = -\frac{\log(4)}{\log(\frac{1}{2})} = 2$$

4 Shrnutí

Podařilo se pomocí jazyka Asymptote vytvořit algoritmy, které rekurzivními metodami vykreslují fraktální obrazce a povedllo se pro ně vypočítat jejich soběpodobnostní dimenzi. Srovnáním těchto dimenzí lze získat představu o strukturálním rozložení fraktálu.



Obrázek 3: Sierpinského trojúhelník



Obrázek 4: Sierpinského koberec



Obrázek 5: Rekurzivní kříž

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Petru Paušovi za poutavé výklady a obětavou pomoc při řešení algoritmických problémů.

Reference

- [1] P. Pauš. Počítačové generování fraktálních množin. 2004.
- [2] H-O. Peitgen, H. Jürgens, D.Saupe. Chaos and Fractals. 1992.

Matematický popis hopsajících kuliček v diskrétní mřížce

Barbora Kopalová¹, Adam Neckář², Pavel Jakoubě¹ ¹Gymnázium Tanvald, Školní 305, Tanvald ²Gymnázium Jiřího Ortena, Jaselská 932, Kutná Hora bara.kop@volny.cz, adam.neckar9@gmail.com, jakoubep@seznam.cz

Abstrakt

Zkoumali jsme jednoduchý dopravní model pomocí teorie Markovových řetězců v diskrétním čase. Pomocí matice přechodu jsme našli stacionární řešení a zkoumali jsme hustotní rozložení a relativní četnost výskytu konfigurací. Věnovali jsme se hlavně dvěma situacím: 1. rychlost vozidla se mění podle vzdálenosti k nejbližšímu (ve směru jízdy), 2. rychlost vozidla se mění podle kvality vozovky.

1 Úvod - definice modelu

Zabýváme se jednoduchým pohybem tří částic, které mají nadefinované parametry p_1 , p_2 , p_3 (zajišťující interakci mezi vozidly), v šesti buňkách s parametry q_0 , q_1 , q_2 , q_3 , q_4 , q_5 (které zajišťují interakci vozidel a vozovky). Částice se pohybují ve směru hodinových ručiček, jak je znázorněno na obrázku 1.



Obrázek 1: Definice modelu

Cástice se pohybují podle těchto pravidel:

- Částice se pohybují přeskokem do sousední buňky
- V jedné buňce může být nejvýše jedna částice
- Částice, která má před sebou k volných buněk, přeskočí s pravděpodobností p_k
- Každá buňka
 bmá vlastní parametr $q_b,$ který ovlivňuje pravdě
podobnost výskoku z této buňky
- V každém kroku náhodně vybereme buňku; pokud je tato buňka obsazená částicí, která má před sebou volno, pak přeskočí s pravděpodobností $p_k \cdot q_b$

2 Teorie

K problému budeme přistupovat pomocí teorie Markovových řetězců s diskrétním časem, viz [1]. Markovovým řetězcem rozumíme náhodnou posloupnost $(X_n; n \ge 0)$, kde n je čas a X_0 zaznamenává výchozí stav s_0 . Rovnost $X_n = s_n$ znamená, že v čase n nastane stav s_n . Stavy s bereme z množiny $S = \{1, 2, ..., |S|\}$. Aby výše zmíněná posloupnost byla markovská, musí $\forall i, j \in S$ platit

$$\Pr[X_n = j | X_{n-1} = i, X_{n-2} = s_{n-2}, ..., X_0 = s_0] = \Pr[X_n = j | X_{n-1} = i],$$
(1)

což znamená, že pravděpodobnost $X_n = j$ závisí pouze na předchozím stavu $X_{n-1} = i$. Pro zjednodušení uvažujme, že pravděpodobnost z rovnice (1) nezávisí na n, můžeme tedy psát $\Pr[X_n = j | X_{n-1} = i] = \Pr[i \to j] =: P_{ij}$. P_{ij} označuje pravděpodobnost, že systém v dalším kroku přejde ze stavu i do stavu j. P_{ij} jsou prvky matice přechodu P, kde i označuje řádek a j sloupec.

Pravděpodobnost, s jakou se systém v čase n nachází ve stavu s ($\Pr(X_n = s)$) spočítáme pomocí

$$v_n = v_0 \cdot P^n \,, \tag{2}$$

kde vektor $v_n = (\Pr(X_n = 1), \Pr(X_n = 2), ..., \Pr(X_n = |S|)).$

Pokud necháme systém vyvíjet se dostatečně dlouh
o $(n \to +\infty)$, pravděpodobnosti se ustálí. Toto se nazývá stacionární řešení, které označíme
v. Vektor v získáme jako řešení rovnice

$$v = v \cdot P \,. \tag{3}$$

3 Matematický popis modelu

Pomocí definice modelu sestavíme množinu konfigurací systému $S = \{111000, 110100, ...\}$, kde 0 označuje prázdnou buňku a 1 buňku s částicí. Počet všech možných konfigurací je $\binom{6}{3} = 20$. Jsou čtyři typy konfigurací, ostatní jsou jejich rotace, jak je znázorněno v tabulce 1

Dle pravidel můžeme přesně zjistit pravděpodobnost přechodu např.

$$P_{111000;110100} = P_{1;7} = \frac{p_3 \cdot q_2}{6} \tag{4}$$

Ze stacionárního řešení v získáme hustotu (střední obsazenost buňky) v dané buňce b

$$\varrho(b) = \sum_{s \in S} s(b) \cdot v(s) = \sum_{s \in S} s(b) \cdot \Pr[X_n = s]$$
(5)

Typ konfig.	111000	110100	110010	101010
Čísla konfig.	1-6	7-12	13-18	19,20

Tabulka 1: Základní konfigurace

4 Příklady

Příklad 1: Podívejme se na grafy relativní četnosti a hustoty pro parametry $p_1 = 0, 2$; $p_2 = 0, 4$; $p_3 = 0, 6$ a $\forall b, q_b = 1$ (viz obrázek 2). $q_b = 1$ znamená, že na vozovce se nenachází žádná překážka a má stejnou kvalitu. Čím větší je mezera před vozidlem, tím větší je parametr p_k (tedy roste pravděpodobnost pohybu vozidla).



Obrázek 2: Relativní četnost (vlevo) a hustota v buňkách (vpravo) pro př. 1

Nejpravděpodobnější jsou konfigurace 19 a 20 (číslování viz tabulka 1) s pravděpodobností 0,1110. Další nejčetnější konfigurace jsou 7 až 18 s pravděpodobností 0,0556 a nejméně četné jsou 1 až 6 s pravděpodobností 0,0185. Hustota je ve všech buňkách stejná $\rho(b) = \frac{1}{2}$. **Příklad 2:** Parametry jsou $p_k = 1$ a $q_1 = 1$ $q_2 = 1$ $q_3 = 0, 1$. Parametr $q_3 = 0, 1$ odpovídá defektu vozovky (a tedy nutnému zpomalení).



Obrázek 3: Relativní četnost (vlevo) a hustota v buňkách (vpravo) pro př. 2

Z grafu vyčteme, že nejpravděpodobnější konfigurace jsou 2 (011100) s pravděpodobností 0,689 a 15 (101100) s prav. 0,0689, protože se za čtvrtou (s $q_3 = 0, 1$) vytvoří kongesce, a tedy buňky 2,3,4 budou mít vyšší hustotu.

5 Diskuze a závěr

Na obrázcích 2 a 3 jsou výsledky vycházející z teorie (sloupce) i simulací (kosočtverce), které spolu korespondují. Je tedy vidět, že teorie Markovových řetězců je efektivním nástrojem k řešení modelu hopsajících kuliček v diskrétní mřížce.

Na příkladu jedna jsme zjistili, že zmenšování rychlosti (způsobené malou vzdáleností vozidel) způsobí, že nejpravděpodobnějšími konfiguracemi jsou 19 a 20, protože částice jsou zde rozloženy nejrovnoměrněji. Nejméně pravděpodobné konfigurace jsou 1 - 6, kde jsou tři částice za sebou. Zpomalení či zabrždění tedy snižuje možnost kongesce.

Příklad číslo dvě ukázal, jak defekt vozovky ovlivní vznik dopravní zácpy. Auta se nejdéle zdržovala v koloně na buňkách 1,2,3, v důsledku toho zde byla větší hustota.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Pavlu Hrabákovi, za skvělou konzultaci, grandiozní trpělivost a kávu, která za moc nestála. Děkujeme rovněž FJFI ČVUT v Praze a všem organizátorům Týdne vědy.

Reference

- [1] Z. Prášková, P. Lachout. Základy náhodných procesů. Praha: Karolinum, 1998.
- [2] M. Hanzelka, V. Rozhoň. Matematický popis systémů interagujících částic. Sborník TV@J 2013, 2013.

Zkoumání turbulentního proudění v závislosti na viskozitě kapaliny

M. Štula, Gymnázium a SOŠPg Jeronýmova, Liberec matej.stula@gmail.com
J. Zárybnický, Gymnázium Olomouc-Hejčín kuba.zarybnicky@post.cz
Z. Venerová, Gymnázium, Brno, Křenová 36 zora.venerova@gmail.com
S. Duarte, Gymnázium Christiana Dopplera, Praha se.duarte001@gmail.com

Abstrakt

Simulace proudění tekutin pomocí Navier-Stokesových rovnic je jedním z hlavních témat výzkumu v oboru numerických metod. My jsme zkoumali vliv jedné z fundamentálních vlastností takových simulací, Reynoldsova čísla, které jsme měnili změnou vazkosti tekutiny, na turbulence v proudění. V naší práci jsme potvrdili, že existuje přímá závislost mezi vazkostí tekutiny a turbulencemi, které v ní vznikají.

1 Úvod

Rešení Navier-Stokesových rovnic je dnes hlavním způsobem simulace chování tekutin. Uplatňuje se například během návrhu dopravních prostředků, při předpovědi počasí, návrhu elektráren nebo při analýze znečištění prostředí.

Protože je ale tyto rovnice možné řešit analyticky pouze v jednoduchých případech, je nutné použít numerické metody [1, 2]. My jsme při práci jsme použili OpenFOAM, což je volně dostupný systém pro CFD (Computational Fluid Dynamics), numerické simulace dynamiky tekutin.

Cílem naší práce bylo potvrdit závislost výskytu turbulencí v proudění na Reynoldsově čísle, přičemž jsme použili jeden ze známějších problémů tohoto oboru, tzv. *lid-driven cavity flow*.

2 Teorie

Matematický model tekutin je postaven na Navier-Stokesových rovnicích:

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} - \nu \Delta \vec{u} + \nabla p = 0, \tag{1}$$

 $\nabla \cdot \vec{u} = 0. \tag{2}$

Toto je podoba Navier-Stokesových rovnic pro nestlačitelné proudění, a tedy podoba, se kterou jsme pracovali v naší simulaci. Vektorové pole rychlosti \vec{u} a tlak p závisí na čase a ν je konstantní viskozita tekutiny.

K takovým rovnicím je možné dospět kombinací zákonů zachování hmoty a hybnosti. Nesimulují ale chování jednotlivých částic, ale pracují tekutinou jako se spojitou látkou, proto se nedají použít pro simulaci sonického třesku při překročení rychlosti zvuku v médiu [3].

První člen rovnice (1) pouze označuje změnu rychlosti podle času a je závislý na všech ostatních členech. Druhý člen představuje konvektivní zrychlení. Tento člen způsobuje nejvíce složitosti s rovnicemi a bez něj by byly jednodušeji řešitelné. Třetí člen je takzvaný disipační člen: čím vyšší viskozita tekutiny, tím více si budou sousední částice předávat rychlost. Čtvrtý člen pouze znamená, že tekutina teče z míst s velkým tlakem do míst s menším tlakem. Rovnice (2) zde představuje podmínku neslačitelnosti tekutiny.

My jsme zkoumali vliv Reynoldsova čísla, což je bezrozměrná veličina, která je charakteristickou vlastností simulace. Jsou v ní započítány všechny hlavní parametry proudění a lze z ní posoudit, nakolik bude proudění turbulentní. Čím větší je hodnota Re, tím turbulentnější bude proudění. Dá se vyjádřit takto:

$$Re = \frac{VL}{\nu}.$$
(3)

V je zde charakteristická rychlost tekutiny, L zde představuje charakteristickou délku, která závisí na konkrétní geometrii simulace, a ν je viskozita tekutiny.

V naší práci nás zajímala hodnota ν . Pokud necháme ostatní hodnoty konstantní, je Re nepřímo úměrné viskozitě.

3 Simulace

3.1 Postup

V naší práci jsme použili volně dostupný program pro numerickou simulaci dynamiky tekutin OpenFOAM a program ParaView pro analýzu výsledků. Pro naši simulaci jsme použili dobře prozkoumaný problém, který se nyní používá i pro testování nových simulačních programů, tzv. *lid-driven cavity flow*.

Model objektu jsme měli už nachystaný (viz obr. 1), a tak jsme pouze upravovali jednotlivé parametry. Úlohu jsme řešili v 2D prostoru, ale OpenFOAM je možné použít i na 3D modely, a tak jsme tomu museli přizpůsobit svou práci.

Hlavním parametrem, který ovlivňoval kvalitu simulace bylo rozlišení sítě, které bylo $160 \times 160 \times 1$ buněk (OpenFOAM pracuje ve 3D).



Obrázek 1: Kavita použitá v naší simulaci

Z důvodu výpočetní náročnosti jsme nemohli simulace provést delší nebo přesnější. Hodnoty, pro které jsme zkoumali vliv viskozity, byly $\nu = 10^n$, kde $n \in \{-7, \ldots, -1\}$.

Pomocí terminálu jsme spustili výpočty a čekali na výsledky. Následně jsme je analyzovali v programu ParaView, pomocí kterého jsme je mohli jednoduše vizualizovat.

3.2 Výsledky

Zde uvádíme výsledky všech sedmi simulací, jako zobrazení velikosti rychlosti v programu ParaView (viz obr. 2). Do hodnoty $Re = 10^5$ se vytvoří ustálený stav, pak pro $Re = 10^6$ a $Re = 10^7$ se už ustálený stav nevytvoří.

3.3 Diskuze

Zajímali jsme se o vliv viskozity a Reynoldsova čísla na sílu turbulentního proudění. Z vizualizace průběhů vyplývá, že proudění s nejyvšší hodnotu viskozity, a tedy nejnižším Reynoldsovým číslem, mají tendenci k tvoření ustáleného proudění, zatímco proudění s velmi nízkou viskozitou mají tendenci setrvávat v chaotickém turbulentním stavu.

Přechod z proudění, která mohou tvořit ustálený stav, na turbulentní proudění by měl nastat okolo $\text{Re} = 10^5$, což se nám potvrdilo.

4 Shrnutí

V naší práci jsme pracovali se simulacemi pomocí Navier-Stokesových rovnic. Zkoumali jsme vliv velikosti Reynoldsova čísla a viskozity na turbulence v proudění kapaliny, a to za použití simulačního systému OpenFOAM a programu pro analýzu výsledků, ParaView.

Potvrdili jsme, že takový vztah existuje, a že kolem hodnoty $R = 10^5$ se v simulaci už nevytvoří ustálený stav.

Poděkování

Děkujeme za vysvětlení problematiky a obětavou pomoc při vypracovávání našeho díla Tomáši Oberhuberovi, Petru Bauerovi a Vítězslavu Žabkovi.

Dále také děkujeme čínské restauraci Zlatá hvězda za poskytnutí azylu během vyčerpávající práce. Nakonec děkujeme Vojtěchu Svobodovi za přijmutí pětistránkové práce do sborníku.

Reference

- [1] Yuen, M., Analytical Solutions to the Navier-Stokes Equations. ArXiv, 2008.
- [2] Thambynayagam, R. K. M., An analytic solution of the non-stationary Navier-Stokes equation in three dimensions. ArXiv, 2014.
- [3] Haglund, G. T., Analysis of sonic boom measurements near shock wave extremities for flight near Mach 1.0 and for airplane accelerations. National Aeronautics and Space Administration, 1974.





Obrázek 2: Výsledky simulací



Obrázek 3: Škála, exportovaná z ParaView, použitá při vizualizaci

3D atomární struktura proteinu

Miriam Surňáková, Tomáš Suchánek, Tomáš Velecký

20. května 2014

Abstrakt

Znalost struktury proteinů je důležitá pro jejich pozorumění a následného využití jejich vlastností. Používanou metodou je proteinová krystalografie. Byly vypěstovány krystaly lysozymu a byla naměřena difrakce rentgenového záření na těchto krystalech. Použitím matematických metod pak je vypočtena atomová struktura molekul. Na základě znalosti poloh jednotlivých atomů je možné studovat mechanismus reakce, která je enzymem katalyzována.

1 Úvod

Proteiny jsou základním stavebním kamenem všech živých organismů a vykonávají mnoho pro život nepostradatelných funkcí. Abychom pochopili jejich vlastnosti, principy, jak fungují, a procesy, které v nich probíhají, je třeba znát jejich strukturu.

Cílem miniprojektu je seznámit se s postupem při řešení struktury makromolekuly, a to konkrétně s metodami krystalizace, s kryoprotekcí a mražením krystalů, sběrem difrakčních dat na zdroji rentgenového záření a zpracováním naměřených dat. Jako modelový protein byl použit lysozym. Jedná se o enzym, který byl poprvé popsán v roce 1922 Alexandrem Flemmingem. Vyskytuje se ve slinách, slzách, vaječném bílku, nosním hlenu, krevní plazmě a mateřském mléce. Je schopný narušovat bakteriální stěnu, díky čemuž má silné antibakteriální účinky. Enzym se skládá ze 129 aminokyselin, jeho prostorová struktura je publikovaná v databázi RCSB Protein Data Bank s PDB kódem 1LYS [4].

2 Metody

Základní metodou zjišťování struktury proteinu je difrakce rentgenového záření na krystalech a následné počítačové zpracování.

2.1 Krystalizace proteinu

Nejpoužívanější metody krystalizace proteinu jsou založeny na difúzi. Většinou se používá buď difúze par, nebo dialýza, která se od difúze par liší použitím polopropustné membrány. Metoda využívající jevu difúze par lze provést v uspořádání visící, sedící nebo sendvičové kapky.

Pro náš experiment jsme použili metodu visící kapky (obr. 1). Experimentální uspořádání metodou visící kapky se skládá z rezervoáru (jamky) a víčka. V rezervoáru je roztok pufru, srážedla a aditiv. Pufr je např. octan sodný. Srážedlo (precipitant) tlačí molekuly


Obrázek 1: Znázornění uspořádání visící kapky: A - víčko, B - kapka, C - rezervoár, D - matečný roztok



Obrázek 2: Fázový diagram. Šipky ukazují ideální průběh krystalizačního experimentu.

proteinu k sobě, jako srážedla se používají soli. Kapka se umisťuje na víčko a obsahuje protein a roztok z rezervoáru.

Roztok v rezervoáru je koncentrovanější než roztok v kapce (obr. 2). Z tohoto důvodu dochází k vypařování vody z kapky jako jediné těkavé látky. Tím se zvyšuje koncentrace roztoku v kapce a díky srážedlu se molekuly proteinu dostanou blíže k sobě. V kapce začínají vznikat nukleační jádra (nukleace) nebo precipitáty (sraženiny).

K jádrům se začnou nabalovat další molekuly proteinu. Tím se sníží globální koncentrace proteinu a přestanou vznikat nukleační jádra. Krystaly však mohou růst dále – tato fáze se nazývá růst krystalů.

Systém musí být nepropustně uzavřen, aby se z něj nemohly odpařovat žádné látky. (Mohlo by dojít k vysušení kapky s proteinem, mohly by se změnit podmínky krystalizace, ...) K tomuto účelu se používá silikonový tuk nebo jednoduché gumové těsnění.

2.2 Příprava krystalů pro difrakční experiment

Biologické makromolekuly podléhají radiačnímu poškození, proto je třeba krystaly zmrazit v tekutém dusíku (cca 77 K).

Krystaly se nejprve vyjmou z krystalizační kapky pomocí nylonové smyčky (o průměru 100–500 μ m), poté se máčí v roztoku s kryoprotektantem (např. methanol, glycerol, ...) bránícím v růstu hexagonálních krystalů ledu, které by mohly roztrhat krystal proteinu nebo by snížily kvalitu difrakčního obrazu. Teprve potom se krystaly mrazí.

2.3 Difrakční experiment

Krystal je opakovaně vystaven monochromatickému svazku rentgenového záření, přičemž se mění orientace krystalu. Změny orientace je dosaženo tak, že je krystal během experimentu otáčí na goniostatu. Difraktovaný rentgenové záření je zachycen detektorem. Výsledkem je soubor difrakčních snímků, které se mění podle rotujícího krystalu na hlavičce goniometru.

Struktura bílkoviny se dále určuje pomocí specializovaných programů založených na Fourierově transformaci.



Obrázek 3: Experimentální ověření fázového diagramu koncentrace proteinu a srážedla

3 Experiment

Cílem práce bylo vypěstovat krystaly lysozymu, získat difrakční data a na základě nich vytvořit prostorovou strukturu proteinu. Další prací bylo ověření fázového diagramu krystalizace proteinu.

3.1 Krystalizace

Celkem bylo vytvořeno 30 krystalizačních podmínek s různými koncentracemi proteinu a srážedla, cílem bylo zjistit vliv těchto parametrů na krystalizaci. Výsledek koresponduje s fázovým diagramem.

Pro práci byl použit vzorek lysozymu o koncentraci 120 mg/ml, který pocházel z vaječného bílku. Pro krystalizaci byla zvolena metoda visící kapky s objemem rezervoáru 500 μ l a s krystalizačními kapkami složenými z 0,5 μ l roztoku proteinu a 0,5 μ l roztoku z rezervoáru.

Jako pufr jsme použili octan sodný při pH 4,6 a jako srážedlo NaCl.

4 Výsledky a diskuze

Ověřili jsme fázový diagram krystalizace proteinu (obr. 3). Podle očekávání v první zóně (levá část diagramu) nevyrostly žádné krystaly, protože zde byla koncentrace proteinu nebo srážedla příliš nízká a systém se nedostal do zóny nukleace. V prostřední zóně (mezi červenými křivkami) se ve většině kapek objevily krystaly a u zbytku kapek jsme se dopustili nedokonalého zavření víčka, takže kapky vysychaly a nebylo dosaženo rovnováhy v systému. Napravo byla koncentrace proteinu nebo srážedla příliš vysoká, což způsobilo vznik sraženin.

U pár větších krystalů jsme získali jejich difrakční obraz (obr. 4). Na něm jsou patrné vodní kruhy – reflexe rozmístěné na soustředných kružnicích se středem uprostřed snímku



Obrázek 4: Difraktogram



Obrázek 5: Hotový model proteinu

způsobené ledem. Bílý stín vedoucí do středu snímku představuje stín lapače primárního svazku, který chrání detektor.

Struktura lysozymu byla vyřešena pomocí metod makromolekulární krystalografie (model viz obr. 5).

5 Shrnutí

Cílem naší práce bylo vytvořit krystaly lysozymu a zopakovat Laueho experiment. Krystalizace proteinu byla provedena metodou visící kapky. Na vypěstovaných proteinových krystalech byla naměřena difrakce rentgenového záření. Z naměřených dat byla vypočtena struktura molekul lysozymu.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat svým supervisorům, Ing. Janu Stránskému a Bc. Leoně Švecové, za ochotu a trpělivost při vysvětlování teorie a praxe a za cenné rady a připomínky při psaní článku. Stejně tak bychom chtěli poděkovat všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce, kteří nám umožnili zúčastnit se této akce.

Reference

[1] Smatanová I. K.: Krystalizace biologických makromolekul, [online], [cit.: 20. května 2014]

http://www.xray.cz/kryst/difrakce/iva/krystalizace.htm

- [2] Řezáčová P.: Kryokrystalografie biologických makromolekul, [online], [cit.: 20. května 2014]
 http://www.xray.cz/kryst/difrakce/rezacova/kryo.htm
- [3] Wikipedia: Lysozyme Wikipedia, the free encyclopedia, [online], [cit.: 20. května 2014]
 http://en.wikipedia.org/wiki/Lysozyme
- [4] RCSB Protein Data Bank http://www.rcsb.org/pdb/explore/explore.do?structureId=1LYS

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

P. Dvořák, P. Hrubcová, T. Chvosta, D. Pecl FJFI ČVUT, Trojanova 13, Praha 2 petra.hrubcova@gmail.com

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s některými typickými představiteli počítačových algebraických systémů (CAS) a naučit se je používat při vizualizaci dat a při řešení některých jednoduchých i složitějších fyzikálních úloh. Výhody CAS spočívají v algebraických výpočtech, což umožňuje dosáhnout přesných výsledků. Naše práce ukazuje některé možnosti využití těchto počítačových systémů. Nutno dodat, že CAS skrývají mnohem víc, než jsme byli schopni během našeho miniprojektu objevit.

1 Úvod

Většina vědeckých prací a problémů se v dnešní době řeší na počítačích, díky kterým je práce značne usnadněna a urychlena. Výběr počítačových systémů je nepřeberný. Čím se však algebraické počítačové systémy liší od ostatních je způsob zpracování dat. V ostatních systémech často dochází k zaokrouhlování a nebo dokáží počítat pouze s konkrétními příklady. Toto může ovlivnit výsledky značným způsobem, proto v těchto situacích přicházejí na řadu CAS. Tyto systémy počítají s algebraickými výrazy a čísla dosazují až dodatečně, což nám umožňuje dosáhnout přesných výsledků. Mezi další výhody také patří vizualizace dat do 3D grafiky.

Než se dostaneme k naší samotné práci, je třeba si něco říci, co to vlastně Počítačové algebraické systémy jsou. CAS (z anglického: Computer algebra system) označuje systémy pro počítačové zpracování symbolických matematických výrazů. Tyto programy se vyvinuly ze specializovaných matematických programových balíků pro superpočítače, dnes je však najdeme na osobních počítačích a dokonce i na některých typech vědeckých kalkulátorů.

CAS začaly vznikat z důvodu potřeby řešit náročné matematické úlohy, které bylo velice obtížné až téměř nemožné vyřešit bez použití počítače. Zpočátku byly určeny pro nejvýkonnější počítače, v současné době nalezneme tyto systémy i na mobilních telefonech. Vývoj těchto systému započal v 60. letech díky pozdějšímu laureátovi Nobelovy ceny Martinu Veltmanovi, který vytvořil první program pro symbolické výpočty. Na Veltmana navázal Carl Engelmann, jenž vytvořil první volně šiřitelný algebraický software pro počítače.

V současné době se můžeme setkat se dvěma hlavními skupinami CAS programů:

- programy převážně určené pro numerické výpočty do této skupiny patří například komerční program MATLAB nebo free programy Scilab, GNU Octave nebo RLab;
- programy převážně určené pro symbolické výpočty do této skupiny řadíme komerční programy Mathematica a Maple, z free programů především program Maxima.

2 Mathematica

Jednoznačně největší pozornost jsme věnovali programu Mathematica, který je v dnešní době jeden z nejrozšířenějších algebraických systémů. Tento program si nyní podrobněji představíme.

Program byl původně vytvořen Stephenem Wolframem a následně vyvíjen týmem matematiků a programátorů, který vytvořil a vede. Je prodáván firmou Wolfram Research se sídlem v Champaign, Illinois. Mathematica je rozdělena do dvou částí – jádra a front endu. Jádro interpretuje výrazy a vrací výsledky. Front end poskytuje GUI (grafické uživatelské rozhraní), ve kterém výsledky vhodně zobrazuje. Nejnovější Mathematica s číslem 9 je dostupná pro 3 velké platformy - Microsoft Windows, MacOS X, Linux.

Mathematica umí nejen běžné výpočty, ale i zobrazování grafů funkcí, symbolické počítání (úpravy algebraických výrazů, řešení rovnic, derivace, integrály, atd.) či animované simulace (jako například grafy goniometrických funkcí a kmitání oscilátorů, atd.).

Hlavními nevýhodami tohoto programu je placená licence a nutnost najít odpovídající příkazy v angličtině. K usnadnění však slouží přehledná nápověda.

3 Příklady z praxe

Mathematica umožňuje řešit projekty libovolného rozsahu a my jsme pochopitelně začali s rutinními výpočty, od kterých jsme se dostali ke složitějším.

Řešení rovnice o jedné neznámé pomocí příkazu solve:

Wolfram Mathematica PRODUCT TRIAL	Learning Center Help Contact Us	Buy Mathematica
$in[3]:= Solve[{(2x+1) / (x-2) + 8 = 15}, {x}]$		^ [[
$Out[3]= \{ \{ x \rightarrow 3 \} \}$		Ø

Řešení dvou rovnic o dvou neznámých:



Obecné řešení rovnice vyššího řádu:



Rozšíření výrazu pomocí funkce Expand:

 Wolfram Mathematica
 PRODUCT TRIAL
 Learning Center
 Help
 Contact Us
 Buy Mathematica

 In[2]:= Expand [{ (a + b + c) ^3 }]
 $[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3 }
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3 }
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3 }
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3 }
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3 }
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 3 a c^2 + 3 b c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 6 a b c^3 + 5 a c^2 + c^3]
 <math>[a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3 + 3 a^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 6 a b c + 3 b^2 c + 6 a b c^3 + 5 a c^3 + 6 a c$

Zjednodušení výrazu pomocí funkce Simplify:

```
Wolfram Mathematica | PRODUCT TRIAL

ln[10]:= Simplify[a^{8} + 8 a^{7} b + 28 a^{6} b^{2} + 56 a^{5} b^{3} + 70 a^{4} b^{4} + 56 a^{3} b^{5} + 28 a^{2} b^{6} + 8 a b^{7} + b^{8}]

Out[10]= (a + b)^{8}

(+)
```

Rozepsání výrazu v závislosti s měnící se proměnou pomocí příkazu Manipulate:



Vytváření jednoduchých grafů





Vytváření 3D grafiky



4 Shrnutí

V dnešní době rychlého pokroku vědy jsou CAS něčím, bez čeho se neobejdeme, proto je dobré osvojit si některé základy ještě předtím, než je budeme potřebovat. Zvládnutí základů těchto programů je jednodušší, než se zdá - oproti běžným programovacím jazykům je struktura v CAS přehlednější a i zápis je kratší. Možnosti použití těchto programů jsou obrovské a výsledky dodají každé vědecké práci hned lepší úroveň. Během doby trvání miniprojektu jsme se seznámili pouze se základními funkcemi, CAS však skrývají řadu možností, které jsou možným předmětem dalšího "zkoumání a objevování".

5 Poděkování

Děkujeme všem organizátorům akce Týden vědy na Jaderce a především děkujeme Dr. Ing. Milanu Šiňorovi, který nás seznámil s problematikou CAS a pomáhal nám při tvorbě miniprojektu.

Reference

http://www.wolfram.com/mathematica/

http://user.mendelu.cz/navratil/akademie/objects/CAS.pdf

http://kfe.fjfi.cvut.cz/~liska/ca/node1.html

http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%BD_algebraick %C3%BD_syst%C3%A9m

http://pl.wikipedia.org/wiki/System_algebry_komputerowej

http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system

Modifikace spekter částic jadernou hmotou na experimentu ALICE

O. Kubů¹, G. Ponimatkin², J. Sláma³ ¹Gymnázium Pelhřimov, Jirsíkova 244, Pelhřimov ²SPŠ Ostrov, Klínovecká 1197, Ostrov ³Gymnázium Opatov, Kontantinova 1500, Praha 11 kubka.slamak@seznam.cz

Supervizor: L. Kramárik

Abstrakt

Cílem naší práce je analýza dat srážek protonů nebo jader těžkých atomů z experimentu ALICE, naměřených na urychlovači LHC. Určíme modifikaci energetických spekter pro různé typy srážek, která slouží jako signál vzniku kvark-gluonového plazmatu. Výsledkem naší práce jsou data popisující jednotlivé typy srážek a jejich vlastnosti v přehledné grafické formě a důkaz vzniku kvark-gluonového plazmatu v určitých typech srážek. Naše výsledky se shodují s intuitivními odhady i se závěry částicových fyziků z CERNu.

1 Úvod

Na urychlovači LHC v CERNu dochází ke srážkám protonů a/nebo jader těžkých atomů, při nichž vzniká velmi hustá a horká hmota (tzv. kvark-gluonové plazma), která byla ve vesmíru velmi krátce po jeho vzniku. Na urychlovači LHC je mimo jiné i experiment ALICE, jehož cílem je studium právě teto hmoty. K popisu vlastností této hmoty a srážek, díky nimž vzniká, slouží různé veličiny, které se budeme snažit získat analýzou dat z experimentu ALICE.

2 Modifikace energetických spekter

Teorie jaderných kolizí

Vznik produktů kolize nukleonů je silně ovlivněn energií srážky a množstvím nukleonů, které se srazí. Kolize dvou protonů (tzv. pp kolize) není ovlivněna kvark-gluonovým plazmatem, neboť tato srážka není dostatečně energetická, aby mohlo dojít k jeho vzniku. Při kolizi dvou jader olova (tzv. PbPb kolize) může docházet ke vzniku kvark-gluonového plazmatu a vzniklé produkty srážek jsou tím ovlivněny. Vlastnosti vzniklého kvark-gluonového plazmatu závisí na množství nukleonů, které kolidují. To je, logicky, závislé na tom, jak moc se jádra "překrývají". Tuto vlastnost popisuje *centralita*. Udává se v procentech, kde 0% *centralita* znamená, že se jádra plně překrývají a 100% *cetralita* znamená, že se jádra

minou. Na základě centrality můžeme kolize těžkých jader rozdělit do několika kategorií - centrální, semicentrální, semiperiferální a periferální. Na Obr. 1 můžeme vidět schéma PbPb kolize. Vidíme srážkový parametr b, jenž je přímo úměrný centralitě. Všimněme si, že v důsledku rychlosti jader blízké rychlosti světla dochází ke kontrakci délek, v tomto případě se jádra kontrahují na velmi tenký elipsoid ve směru pohybu.

Čím menší je centralita, tím více nukleonů koliduje a tím více kvark-gluonového plazmatu může vzniknout. To má tlumivé účinky - jelikož se jedná o velmi hustou hmotu, ne všechny vzniklé částice z kolize se dostanou do detektorů (jsou pohlceny kvarkgluonovým plazmatem). Tedy, dojde-li ke kolizi např. 100 nukleonů, nezískáme 100krát více vzniklých částic než při pp kolizi. Tuto vlastnost popisuje jaderný modifikační faktor R_{AA} .



Obrázek 1: PbPb kolize.

$$R_{AA} = \frac{Y \left(PbPb \right)}{\langle N_{coll} \rangle \cdot Y \left(pp \right)}$$

kde Y (PbPb) a Y (pp) jsou počty vzniklých částic PbPb kolizí, respektive p
p kolizí, $\langle N_{coll} \rangle$ je počet kolidujících nukleonů.

Princip měření a zpracování dat

Využitím výukového programu ALICE MasterClasses jsme získali vstupní data pro naši analýzu. Vstupní data jsme rozdělili na 10 tříd centrality a pro každou třídu jsme vyhodnocovali několik věcí - jaderný modifikační faktor R_{AA} , počet detekovaný vzniklých částic, rozdělení příčné hybnosti vzniklých částic a další. Nakonec jsme všechny data spojili do společných grafů, abychom mohli vlastnosti kolizí porovnat mezi sebou v závislosti na třídě centrality.

Výsledky analýzy dat

Výsledkem naší práce je charakteristika vlastností jednotlivých energetických spekter. Jednotlivé vlastnosti si můžeme prohlédnou na následujících grafech.

Na Obr. 2 vidíme počet srážek v závislosti na centralitě a na počtu vzniklých částic. Všimněme si, že se vzrůstajícím počtem detekovaných drah klesá počet eventů, které tento počet drah měly.

Na Obr. 3 vidíme, kolik vzniklo průměrně částic na jeden event s danou příčnou hybností, rozděleno podle centralit. Všimněme si, že s nižší centralitou (tj. větším překryvem jader) klesá průměrný počet částic na event, které dosáhly dané příčné hybnosti. To je důsledek potlačení způsobeného převážně vzniklým kvark-gluonovým plazmatem. Jak jsme zmiňovali výše, kvantitativně je potlačení popsáno jaderným modifikačním faktorem R_{AA} .

Závislost hodnoty jaderného modifikačního faktoru R_{AA} na hybnosti p_t pro různé centralitní třídy si můžeme prohlédnout na Obr. 4. Všimněme si, že nejnižších hodnot dosahuje pro malé centrality, takže potlačující účinky kvark-gluonového plazmatu jsou při nich nejvýraznější.



Obrázek 2: Počet srážek v závislosti na centralitě a počtu detekovaných drah.



Obrázek 3: Rozdělení příčné hybnosti $p_t \ ([GeV])$ pro různé centrality.



Obrázek 4: Závislost hodnoty jaderného modifikačního faktoru R_{AA} na příčné hybnosti p_t vzniklých částic pro různé centrality.

3 Shrnutí

Při kolizích dochází k potlačení vznikajících částic, které může být zapříčiněné vznikem kvark-gluonového plazmatu. Vzhledem k výstupům analýzy dat je vznik a výskyt kvark-gluonového plazmatu v těchto srážkách vysoce pravděpodobný. Výsledky naší analýzy se shodují s rozsáhlejšími analýzami dat z CERNu.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali našemu supervizorovi za teoretický úvod do problému, odpovědi na naše otázky, ale hlavně za pomoc při zpracování a analýze dat.

Reference

[1] R. Averbeck et al., Measurement of the nuclear modification factor R_{AA} with ALICE Dostupné z: http://www-alice.gsi.de/masterclass/. Citované 19.5.2014.

Podivnost na LHC

 A. Lasica, Gymnázium F. V. Sasinka, Skalica, <u>andrej.5@centrum.sk</u>
 J. Holas, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady, jos.holas@centrum.cz
 V. Okruhlicová, Gymnázium, Bratislava, veronika.okruhlicova@gmail.com

Abstrakt:

Náplní našeho cvičení bylo hledání podivných částic produkovaných v protonových srážkách na urychlovači LHC a zaznamenaných detektorem ALICE. Po analýze vlastností dceřiných částic jsme zjišťovali druh částice mateřské. Výsledky pozorování jsme zaznamenali do histogramů.

1 Úvod

Pracovali jsme s daty z urychlovače částic ALICE (A Large Ion Collider Experiment), jenž slouží ke studiu srážek těžkých iontů, je jedním ze čtveřice velkých experimentů umístěných na LHC (Large Hadron Collideru) v CERNu. Stejně tak zkoumá i protonprotonové srážky. Ty slouží primárně pro srovnání s výsledky jádro-jaderných srážek, mimoto poskytují data pro studium fyziky proton-protonových srážek jako takových.





Obrázek 1: detektor ALICE

Částice jsme určovali podle Standartního modelu částicové fyziky, což je teorie popisující elementární částice. Tyto částice se dělí na kvarky a leptony, což jsou částice, které tvoří viditelnou hmotu a bosony, částice, které zprostředkovávají fundamentální interakce: silnou a slabou interakci mezi kvarky a leptony a elektromagnetickou.

2 Kinematika rozpadů částic

Při srážkách částic vznikají nestabilní a běžně se nevyskytující částice, které jsou často neměřitelné a postupně se rozpadají zpět na běžně se vyskytující částice.



3 Výpočet hybnosti a hmotnosti

Tyto vzácné částice tedy rozpoznáváme výpočtem jejich hmotností. Tu zjistíme z hmotnosti a složek hybnosti dceřiných částic.

$$m^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2E_1E_2 - 2\mathbf{p_1.p_2}$$

m= hmotnost mateřské částice

 m_1 = hmotnost 1. dceřiné částice

E₁= energie 1. dceřiné částiceE₂= energie 2. dceřiné částice

m₂= hmotnost 2. dceřiné částice

p₁= hybnost 1. dceřiné částice

p₂= hybnost 2. dceřiné částice

Hmotnosti m_1 a m_2 jsou známé, neboť dceřiné částice jsou identifikovány pomocí vícero detektorů na ALICE.

Hybnosti p₁ a p₂ lze zjistit změřením poloměru křivosti trajektorie příslušných částic v závislosti na známém magnetickém poli.

Z výpočtu invariantní hmotnosti získáme distribuce podobné těm na grafu. Představují rozložení hmotností v případě pion-protonových párů. Maximum odpovídá hmotnosti lambda, spojené pozadí vzniklo náhodnými kombinacemi pionů a protonů, tzv. pozadí. Ty byly buď špatně identifikovány, nebo nepocházely ze stejného sekundárního vrcholu.



Obrázek 3: spektrum invariantní hmotnosti částice lambda

4 Popis experimentu

Naše práce spočívala v analýze dat získaných experimentem ALICE na urychlovači částic LHC v CERNu při proton-protonových srážkách.



Analýzu jsme prováděli v programu ALICE MasterClasses.

Obrázek 4: program ALICE MasterClasses

Analýza spočívá ve vyhledání dvou částic, které vylétají ze stejného vertexu. Detektory ALICE zachytily jejich hybnost a hmotnost. Na základě těchto údajů jsme určili, z jaké mateřské částice pocházejí.

Výsledná data jsme zapsali do tabulek, ze kterých nám program vytvořil grafy, které ukazovaly závislosti počtu výskytů částic s danou klidovou hmotností částice. Pro to abychom potvrdili přesnost a měli jistotu, že se po srážce částice v detektoru vyskytovaly, je třeba provést těchto analýz co nejvíce.



Obrázek 5:spektrum invariantní hmotnost kaonu

Je-li analýza správná, můžeme ve spektru klidové hmotnosti pozorovat kombinatorické pozadí, které je tvořeno chybami a jinými nežádoucími částicemi, a výrazný tzv. peak v oblasti klidové hmotnosti hledané částice.

5 Závěr

V rámci analýzy jsme zkoumali jednotlivé srážky dvou protonů vizuální metodou prostřednictvím programu ALICE MasterClasses. Poté jsme provedli podobnou analýzu na více než 21000 proton-protonových srážek, kde jsme našli 353 kaonů a 117 Λ . Klidové hmotnosti výše uvedených částic jsme určili: pro kaon 496,76 ± 0,26 MeV/c² a pro Λ 116,597 ± 0,28 MeV/c², což je v plném souladu s tabulkovými hodnotami. V poslední části jsme zkoumali vliv centrality na počet produkovaných částic.

Poděkování

Především děkujeme našemu supervizorovi Vojtěchu Pacíkovi za vedení a pomoc při našem mini projektu a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc za organizaci samotného projektu.

Reference

Podklady o problematice od Vojtěch Pacíka Přednáška o kvark-gluonové plazmě od Vojtěch Pacíka http://www.aldebaran.cz/bulletin/2009_46_lhc.php

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

Vedoucí projektu: Ing. Filip Novotný, Ing. Filip Havel

K. Hes - Gymnázium, Praha 6, Nad Alejí 1952

K. Sedláková - BAG8

V. Miller - Gymnázium Jana Palacha Turnov

krystof.hes@seznam.cz

Abstrakt:

Koloidní zlato je látka známá lidstvu již od starověku. Zlaté nanočástice mají dnes stále širší uplatnění, ať už v medicíně, či materiálovém inženýrství. Součástí našeho projektu bylo seznámení se s jejich vlastnostmi a příprava koloidních roztoků s nanočásticemi zlata ve tvaru tyčinek o různých poměrech délek stran. Vzorky byly následně analyzovány pomocí absorpční spektroskopie a rastrovací elektronové mikroskopie. Na závěr byla z naměřených dat diskutována závislost optických vlastností na tvaru částic.

1 Úvod

Nanotechnologie

Nanotechnologie je vědní obor zabývající se přípravou a studiem vlastností nanočástic, tedy objektů o velikosti v řádech nanometrů. Jejich vlastnosti se významně liší jak od vlastností makročástic, tak od vlastností jednotlivých atomů. V poslední době nacházejí nanotechnologie stále širší uplatnění.

Koloidní zlato

Koloidní zlato jsou částečky zlata suspendované v kapalině. Jsou tak malé, že Brownův pohyb molekul vody je natolik silný, že je dokáže neustále rozviřovat, a proto nesedimentují.

Koloidní roztoky zlata byly známé už ve starověku. Lidé obdivovali různorodost jejich barev a věřili v jejich léčivé účinky (považovali je za "elixír života"). Detailně se přípravou a zkoumáním vlastností těchto roztoků zabýval až Michael Faraday v 19. stol.

Optické vlastnosti zlatých nanočástic

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 [1]. Při prosvícení koloidního roztoku bílým světlem lze pozorovat jeho rozptyl v doplňkové barvě roztoku.



Cíl projektu

Cílem tohoto projektu bylo zkusit si připravit koloidní roztoky zlatých nanotyčinek a dále prozkoumat vliv jednoho parametru syntézy na výsledné nanočástice pomocí elektronové mikroskopie a absorpční spektroskopie.

Obrázek 1 a 2 - Rozptyl světelného paprsku v koloidním roztoku

2 Experimentální uspořádání a metody

Metoda přerůstání zárodků (do zlatých nanotyčinek)

Pro výrobu zlatých nanočástic se využívá mnoho metod. Obecně se dají rozdělit na bottomup, kdy se z jednotlivých atomů/molekul vytvářejí větší celky a top-down, kdy se z větších celků odštěpují jejich části. V tomto projektu byla pro tvorbu nanočástic použita metoda první, odborně zvaná "přerůstání zárodků" (seeded growth method) [2].

Použité přístroje

Pro zobrazení nanočástic zlata byl použit rastrovací (nebo také řádkovací) elektronový mikroskop. Absorpční spektrum bylo analyzováno pomocí spektrofotometru za použití deuteriové lampy jako zdroje.

Přístroj	Výrobce	Modelové označení
Rastrovací	JEOL	JSM-7500F
mikroskop		
spektrofotometr	Ocean Optics	QE65000
deuteriová lampa	Ocean Optics	DT – Mini

Tabulka 1: Seznam	použitých	přístrojů
-------------------	-----------	-----------

3 Výsledky

Popis přípravy koloidních roztoků

Pro přípravu koloidního roztoku zlata je potřeba nejprve vytvořit zárodky zlatých nanočástic. 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.

Látka	Množství [ml]	Koncentrace [mM]
СТАВ	4,55	110
Milli-Q voda	0,1378	-
HAuCl ₄	0,01216	102,8
NaBH ₄	0,3	10

Tabulka 2: Látky pro přípravu zárodků zlatých částic

Po přípravu zárodků je potřeba vytvořit růstový roztok, do kterého se přidají:

Tabulka 3: Látky pro přípravu růstového roztoku

Látka	Množství [ml]	Koncentrace [mM]
CTAB	18,2	110
Milli-Q voda	*	-
HAuCl ₄	0,09728	102,8
Ag	**	10
Kyselina askorbová	0,130	100

Množství přidané vody a stříbra ovlivňuje výsledné rozměry tyčinek (poměry jejich stran).

Číslo roztoku	Množství vody* [ml]	Množství stříbra** [ml]
1	1,53	0,02
2	1,51	0,04
3	1,49	0,06
4	1,47	0,08
5	1,45	0,10

Tabulka 4: Složení jednotlivých roztoků

Do takto vytvořeného růstového roztoku se přidá 0,024 ml zárodků zlata. Částice rostly při konstantní teplotě 22°C.



Obrázek 3 a 4: Fotografie nanočástic pořízené elektronovým řádkovacím mikroskopem



Charakterizace

Složení růstového roztoku ovlivňuje tvar vznikajících nanočástic. V závislosti na použitých látkách mohou vznikat ve tvaru tyčinek, kuliček, krychliček či bipyramid. Právě tvar nanočástic přímo ovlivňuje optické vlastnosti roztoku, například jeho absorpční spektrum.

Obrázek 5 - Vzorky koloidních roztoků seřazené zleva doprava od nejmenšího podílu stříbra po největší

Vzorek	Délka [nm]	Směrodatná odchylka délka [nm]	Šířka [nm]	Směrodatná odchylka šířka [nm]	Poměr stran	Směrodatná odchylka poměr stran	Pozice maxima LSPR λ[nm]
1	47,40	8,80	27,10	7,20	1,83	0,45	545,00
2	50,30	6,80	23,10	6,00	2,30	0,61	634,00
3	52,20	11,50	25,00	6,70	2,17	0,46	630,00
4	57,00	14,10	22,90	11,10	2,53	0,64	647,00
5	49,70	9,40	20,20	6,40	2,61	0,57	634,00

Tabulka 5: Charakterizace vzorků



Obrázek 6: Absorpční spektra připravených roztoků AuNT.

4 Diskuze

Výsledný graf absorpčního spektra odpovídá předpokládané závislosti jen částečně. Množství stříbra v jednotlivých roztocích popořadě stoupá. Absorpční peak by se tedy teoreticky měl posunovat k větším vlnovým délkám. Z grafu vyplývá, že od určitého okamžiku se již tyčinky neprodlužují, ale narůstají pouze do šířky. To může být způsobeno neoptimálním nastavením množství zlata v roztoku a množství zárodků. Dále je vidět dlouhovlnný lalok ve spektrech vzorků 4 a 5. To je způsobeno vykrystalizováním CTABu ve vzorku a zastavením růstu určitého množství tyčinek.

5 Závěr

Podařilo se vytvořit celkem pět koloidních roztoků zlata s rozdílnými poměry stran zlatých nanočástic, zobrazit je na elektronovém řádkovacím mikroskopu a provést absorpční spektroskopii. Ověřili jsme, že množství stříbra v roztoku má zásadní vliv na tvar nanočástic a jejich výsledné vlastnosti. Práce na projektu nám umožnila pohled do světa nanočástic a získání znalostí o jejich přípravě a optických vlastnostech.

Závěrem bychom rádi poděkovali vedoucímu našeho projektu Ing. Filipovi Novotnému a Ing. Filipovi Havlovi za nám věnovaný čas a podporu při práci na projektu. Dále bychom rádi poděkovali Richardovi Schusterovi, který byl pro nás rovněž vítanou pomocí.

6 Reference

1. Koloidní zlato: sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?, http://www.tecnicall.cz/clanek/2012-01-zlato/, 20.5.2014

2. Nikoobakht, B. and M.A. El-Sayed, Preparation and Growth Mechanism of Gold Nanorods (NRs) Using Seed-Mediated Growth Method. Chemistry of Materials, 2003. 15(10): p. 1957-1962.

Postavte si Nd:YAG laser

Adam Jiránek, Sebastian Golat

adam.jiranek@icloud.com; sebastian.golat@mensa.cz

Abstrakt:

Nd:YAG je jeden z nejpoužívanějších pevnolátkových laserů na světě. V tomto miniprojektu jsme se seznámili s konstrukcí tohoto laseru, principem jeho fungování a možnými režimy provozu. Sestavili jsme jej ve 3 režimech – volné generaci, Q-spínání a synchronizace módů. V režimu Q-spínání se nám podařilo dosáhnout špičkové intenzity záření 8,18 MW/cm².

1 Úvod

Laser je zdroj elektromagnetického záření ("světla"), které je zesilováno tzv. stimulovanou emisí.

Laser se obecně skládá ze 3 částí: aktivního prostředí, rezonátoru a čerpání energie.



Čerpání aktivního prostředí způsobuje inverzi populace v aktivním prostředí. Díky inverzi populace dochází ke stimulované emisi, což je zesilování záření. Rezonátor definuje směr, ve kterém se záření zesiluje.

V našem experimentu bylo cílem postavit Nd:YAG laser. Laser generuje infračervené záření o vlnové délce 1064 nm. Aktivní prostředí bylo čerpáno výbojkou v pulsním režimu o délce výboje 40 mikrosekund.

Cílem bylo zkusit si postavit Nd: YAG laser celkem ve 3 režimech.

- Režim volné generace (dlouhé pulsy)
- Režim Q-spínání (generace gigantických pulsů)
- Režim generace sledu ultrakrátkých pulsů (synchronizace módů)

2 Experiment

V našem experimentu jsme vyzkoušeli všechny 3 režimy (volná generace, Q-spínáni, synchronizace módů. Aktivním materiálem našeho laseru je izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu (Y₃Al₅O₁₂) dopovaný ionty neodymu (Nd³⁺). Výbojka, která slouží k dosažení inverze populace, je spolu s aktivním prostředím umístěna mezi 2 zrcadla. Jedno zrcadlo je 100% odrazné, výstupní zrcadlo má propustnost 77% na vlnové délce 1064 nm.

2.1 Režim volné generace



Obrázek 1: Graf časového průběhu impulsu

Režim Q-spínání 2.2









Obrázek 3: Časový průběh v režimu Q-spínání.

2.3 Režim synchronizace módů

V tomto režimu jsme do rezonátoru vložili akusto-optický modulátor (místo saturovatelného absorbéru). Ten je složen z taveného křemene, do něhož jsme přiváděli vysokofrekvenční akustický signál. Akustický signál vytvářel stojaté vlnění, které se projevovalo jako vznikající a zanikající difrakční mřížka. Mřížka způsobovala periodicky modulované ztráty. Laser mohl fungovat jen v době, kdy byly ztráty malé (mřížka



Obrázek 4: Časový průběh v režimu synchronizace modu.

V režimu Q-spínání se do rezonátoru vložil saturovatelný absorbér, který zvyšuje svou propustnost s vyšší intenzitou světla. Díky tomu na výstupu z laseru vycházely krátké impulsy s velkou energií. Nastavili jsme napětí výbojky tak, aby byl na výstupu generován jediný Q-spínaný impuls. Energie impulsu byla 27,5 mJ, délka 28 ns, příslušný špičkový výkon byl 982 kW. tam zrovna nebyla). Akusto-optický modulátor kmital s pevně danou frekvencí 74,94 MHz. Proto bylo nutno naladit rezonátor tak, aby doba oběhu odpovídala frekvenci modulátoru. Museli jsme též brát v potaz optickou délku rezonátoru, která byla delší než reálná kvůli k indexu lomu materiálů.

V režimu synchronizace módů jsme dostali sled ultrakrátkých impulsů. Opakovací frekvence impulsů odpovídala délce oběhu světla rezonátorem. Skutečnou délku jednotlivých pulsů nelze změřit pomocí osciloskopu, protože jsou na něj příliš krátké.

2.4 Výsledky:

Režim volné generace se vyznačuje dlouhým pulsem, neuspořádaným časovým průběhem, výkon pulsu byl slabý v porovnání s dalšími režimy. Režim Q-spínání má výrazně vyšší výkon a uspořádanější časový průběh. Režim synchronizace módů je unikátní velmi krátkými impulsy a nemožností změření jeho ostatních veličin kvůli jeho délce. V případě dokonalého provedení mívá ještě vyšší špičkový výkon než režim Q-spínání.

	Volná generace	Q-spínání	Synchronizace módů
Energie [mJ]	104.5	27.5	N/A
Délka pulsu [ns]	80000	28	<3ns
Výkon [kW]	1.3	982	N/A
Intenzita [MW/cm ²]	0.011	8.18	N/A

V následující tabulce jsou zapsány výsledky měření v uvedených režimech.

3 Shrnutí

V našem projektu jsme se dozvěděli o základech činnosti laserů, naučili jsme se postavit Nd:YAG laser. Vyzkoušeli jsme jej ve 3 režimech – volné generace, Q-spínání a synchronizace módů. Během provozu laseru jsme pozorovali určitou nestabilitu energie výstupního záření. To bylo způsobeno nestabilitou čerpací výbojky.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Františku Batystovi. Dále děkujeme organizátorům Týdne vědy, že jsme mohli provádět tyto experimenty.

Reference:

- [1] TATOUTE. *wikipedia.org* [online]. [cit. 20.5.2014]. Dostupný na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser#mediaviewer/Soubor:Laser.svg
- [2] Laser. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser

Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích

¹V. Skála, ²V. Lahuta, ³J. Hrubeš, ³P. Tácha

¹Gym. Jaroslava Vrchlického, Klatovy ²Masarykovo gymnázium, Vsetín ³SPŠ strojní a elektrotechnická, České Budějovice tachpe1997@gmail.com Katedra fyzikální elektroniky, FJFI ČVUT v Praze

Abstrakt

Jistě znáte metodu urychlování částic, která se využívá v mnoha oborech vědy. Problém je, že k urychlení částic potřebujeme velkou energii a spoustu místa (např. LHC). Tudíž jsme zkoumali novou metodu urychlování částic v plazmatu a to pomocí laseru. Průběh experimentu jsem simulovali na superpočítačích. Došli jsme k závěru, že urychlení částic je možné, ale simulace nejsou přesné a na přesné simulace potřebujeme obrovský výpočetní výkon.

1 Úvod

Naším cílem bylo prozkoumat chování elektronů při průchodu laseru plazmatem. Zkoumali jsem to z důvodu potřeby najít jiný způsob jak urychlovat částice s úsporou energie a místa. V tomto článku vám zkusíme přiblížit tuto metodu. Začneme od "jak to celé funguje" přes programy, na který jsme pozorovali simulace až po využití.

2 Urychlení elektronů, programy a využití

Celý proces začíná u oscilátoru, který vytváří elektromagnetické pulzy, které se následně zesilují pomocí krystalů a zrcadel. Tento zesílený paprsek se "vystřelí" do plazmatu. Při průletu laserového pulzu plazmatem vytlačí Lorentzova síla elektrony směrem kolmým ke směru šíření pulzu. Za pulzem se vytváří bublina (oblast bez elektronů), jejíž hranici tvoří vrstva o vysoké hustotě elektronů. Trajektorie těchto elektronů se protnou v zadní části bubliny a část elektronů je vtažena dovnitř do bubliny v důsledku sílného elektrického pole, které je způsobeno rozdílem nábojů uvnitř a vně bubliny.



Energie

Kinetická energie elektronu se počítá pomocí obecného vzorce $E_k = \frac{1}{2}m_e v^2$, ale tento vzorec se použije jen tehdy, když je v<<c. Pokud se rychlost v blíží k rychlosti světla, musí se použít vzorec vyplývající ze speciální teorie relativity, který má tento tvar $E_k = m_e c^2(\gamma - 1)$, kde

$$\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Použití

V budoucnu by mohla tato technologie nahradit v současnosti používané elektronové urychlovače částic v oblastech výzkumu a případně v lékařství a technologii.

Programy

Veškerou simulaci jsme počítali na vzdálenějších a výkonějších počítačích tzv. superpočítačích a následně jsme si ji zobrazovali na počítačích méně výkonných. K simulaci jsme používali program Epoch a k vykreslení simulace jsme použili program Visit.

Program Visit:



Pouhá simulace nestačí k určení přesných výsledků, a proto se provádějí i laboratorní pokusy. Naskytla se nám příležitost a jednu laboratoř jsme navštívili. Zde jsou fotky z laboratoře:



Výhody a nevýhody



Výhody urychlování částic touto metodou: ve svazku je více částic, kompaktní rozměry, cena, přesné aplikování a další. Narozdíl od těchto výhod jsou i nevýhody: impulz svazku je velmi krátký, zatím málo stabilní a energie elektronů jsou zatím menší než u urychlovačů jiného typu.

Z toho výplývá, že laserové urychlování se zprvu vyplatí, ale ještě neni tak dobré než u jiných typů urychlovačů částic.

3 Výsledky

Při průchodu laserového paprsku plazmatem jsme zjistili, že se za pulzem vytváří bublina, která neobsahuje elektrony. Elektrony se následně protnou v zadní části bubliny a následně je část elektronů vtažena dovnitř do bubliny. Tato bublina se vytváří s každým pulzem ale při každém pulzu se zmenšuje. Laserovým impulzem s energií 30J o délce 30fs se elektrony urychlí na energii 1GeV.

4 Závěr

Ze zkoumaných simulací jsme vypozorovali, že elektrony je možné urychlit pomocí laserového paprsku, které se dají poté využít k dalším účelům, ale tato technologie ještě není vyvinutá, aby se mohla srovnávat s dnešními urychlovači částic.

Poděkování

Děkujeme týdnu vědy za možnost prozkoumání metody laserového urychlování částic a panu Ondřeji Klimovi za podporu a pomoc při bádání.

Reference

J. Vyskočil: Simulace urychlování elektronů při interakci krátkých laserových impulzů s plynem, bakalářská práce FJFI ČVUT 2009.

Visit: https://wci.llnl.gov/codes/visit/

Epoch: http://ccpforge.cse.rl.ac.uk/gf/project/epoch/

Hledání Higgsova bosonu na urychlovači LHC A. Krpenský¹, D. Ryšánek², J. Štorek¹ ¹ Gymnázium Praha 9 ² SPŠE Praha 10

tonda.krpensky@gmail.com

Abstrakt

V naší práci se budeme zabývat popisem standardního modelu částic, dále se úzce zaměříme na bosony. V praktické části práce budeme detekovat Higgsův boson na simulaci detektoru ATLAS v CERN.

1 Standardní model částic

Standardní model částic je systém rozdělení elementárních částic (částic, které se již dále nedělí). Základními kategoriemi jsou fermiony a bosony. Fermiony se dále dělí na leptony a kvarky.

Mezi leptony patří elektron, mion, tauon a jejich neutrina. Kromě neutrin, jež mají náboj 0, nesou leptony náboj -1.

Kvarky jsou označované symbolickými slovy, v praxi se ale používají zkratky u, d, c, s, t, b. Běžně se kvarky nevyskytují samy, ale v určitém seskupení (například proton - uud, nebo neutron - udd). Z kvarků se dále skládají další složitější částice.

Bosony

Bosony zprostředkovávají interakce mezi částicemi.

- foton elektromagnetická
- gluon silná
- W^+ , W^- , Z^0 slabá

Higgsův boson byl předpovězen z důvodu platnosti symetrie ve standardním modelu. Higgsův boson se rozpadá několika způsoby (obr. 1)



Decays of a 125 GeV Standard-Model Higgs boson

obr. 1

K našim účelům jsme využili pouze rozpadu na dva Z bosony (v grafu 3%) kvůli snadné detekci vzniklých částic z rozpadu Z bosonů. Z boson se totiž rozpadá na dva leptony (obr. 2), které lze jednoduše detekovat, přičemž musí platit zachování nulového elektrického náboje (elektron + pozitron).





2 Detektor ATLAS

Detektor slouží k zaznamenání energie částic vzniklých ze srážky. Je složen z několika vrstev odlišných kalorimetrů, které různě ovlivňují různé částice. Jeho rozměry jsou obrovské: je dlouhý 45 metrů a vysoký 25 metrů. Celý detektor je navíc v elektrickém a magnetickém poli.



Jednotlivé kalorimetry jsou schopny zabrzdit jednotlivé částice a následně změřit energii, kterou částice měla. Ze zakřivení částice v magnetickém poli lze určit, zda se jedná o částici s kladným nebo záporným nábojem a také umíme dopočítat její hybnost podle následujícího vzorce:

$$p=B\cdot q\cdot r,$$

kde B je magnetická indukce pole, q je náboj částice a r je poloměr zakřivení částice. Ze znalosti hybnosti a energie částice již určíme hmotnost částice podle vzorce:

$$m_0 = \frac{\sqrt{E^2 - (\vec{p} \cdot c)^2}}{c^2},$$

kde E je energie částice, p je hybnost částice a c je rychlost světla. Jakmile zjistíme hmotnost částice, jsme schopni ji identifikovat. Hmotnost Z bosonu, který se rozpadl na pár elektron-pozitron, lze vypočítat podle rovnice:

$$m_0^{(Z)} = \sqrt{\left(\frac{(E_{e^-} + E_{e^+})}{c^2}\right)^2 - \left(\frac{\vec{p}_{e^-} + \vec{p}_{e^+}}{c}\right)^2}$$

3 Zpracování dat

Data se analyzují ve speciálním programu HYPATIA (HYbrid Pupil's Analysis Tool for Interaction in ATLAS) k tomu určenému.

Tento program zpracovává data z detektoru (v našem případě předpřipravená data s elektrony) a zobrazuje je i v grafickém rozhraní.

Program data rozdělil podle pravděpodobného místa vzniku. Tyto segmenty obsahovaly 3-7 elektronů. Náplní naší práce bylo určit, zda-li se v některé z těchto skupin vyskytuje dvojice elektronů, která by po výpočtu hybností rovnice odpovídala rozpadu bosonu. Vybírali jsme vždy jeden nebo dva páry elektron-pozitron, které mohly pocházet ze společného rozpadu.

4 Výsledky

Při experimentu jsme detekovali několik částic, které se svou hmotností blížily klidové hmotnosti bosonu Z, která činí 91,1876 GeV. Jejich průměrná hmotnost byla 90,7 GeV se střední kvadratickou odchylkou 0,9 GeV. Při těchto pokusech jsme při počítání s dvěma páry elektron-pozitron narazili na částici s hmotností 122 GeV, což by mohlo znamenat výskyt Higgsova bosonu, jehož klidová hmotnost je 125 GeV.

5 Shrnutí

V průběhu našeho miniprojektu jsme se dozvěděli základy elementární fyziky a vyzkoušeli jsme si práci experimentálního částicového fyzika. Teoretická část práce byla velmi zajímavá, ale část analýzy dat nás tolik nezaujala.

Poděkování

Děkujeme slečně Janě Fodorové za vedení celého projektu, příjemnou komunikaci a vstřícnost. Dále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi za celkovou organizaci Týdne vědy, bez kterého by naše práce nebyla vůbec možná.

Reference:

- [1] <u>http://atlas.physicsmasterclasses.org/cz/zpath_hboson.htm</u>
- [2] http://atlas.physicsmasterclasses.org/zpath_files/img/highslide/feynman/Higgs4l.png

Měření měrného náboje elektronu

J. Kolář, SSPŠ Preslova 25, Praha jakub.kolar@seznam.cz
M. Šesták, SSPŠ Preslova 25, Praha michal.sest@gmail.com
D. Kučerová, Gymnázium Slovenské náměstí 7, Brno dekucerova@gmail.com

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo změřit hodnotu měrného náboje elektronu. Prováděli jsme měření dvojího typu - nejprve v podélném magnetickém poli (MP), poté v kolmém MP. Obojí bylo provedeno s průměrnou odchylkou 11%.

1 Úvod

Měrný náboj elektronu je jedna z významných fyzikálních konstant. Poprvé byl změřen americkým fyzikem J. J. Thomsonem v roce 1897 v podélném magnetickém poli. Jedná se o poměr náboje elektronu ku jeho hmotnosti $\left(\frac{e}{m}\right)$. Jeho očekávaná hodnota je $\frac{1,6\cdot10^{-19}}{9,1\cdot10^{-31}}$ is $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{100}$ is $\frac{1}{100}$. Kýženým cílem naší práce bylo tuto hodnotu experimentálně ověřit a potvrdit tak správnost této tabulkové hodnoty.

Pomůcky

Zdroj napětí 300 V a 2 kV, zdroj proudu, katodová trubice, Helmholtzovy cívky, ampérmetr, voltmetr, obrazovka s cívkou.

2 Měření v podélném MP

Proud elektronů emitovaných katodovou trubicí a urychlených anodami je při průchodu cívkou s homogenním MP jen mírně rozbíhavý. Směr vektoru magnetické indukce je orientován stejně jako použité elektronové dělo. Elektrony proletí cívkou a dopadnou na stínítko s luminoforem. Místo, kam dopadnou, se rozzáří, neboť dojde k přeměně elektronu na foton. Měření probíhalo následujícím způsobem:

Vycházíme ze vzorce pro Lorentzovu sílu

$$\vec{F} = e\left(\vec{v} \times \vec{B}\right),\tag{1}$$

kde \vec{v} je rychlost pohybu elektronu a \vec{B} magnetická indukce. Rozložme rychlost elektronu vůči magnetické indukci na podélnou (\vec{v}_{\parallel}) a kolmou (\vec{v}_{\perp}) složku. Magnetická indukce \vec{B} působí pouze na kolmou složku rychlosti \vec{v}_{\perp} elektronu, který začne opisovat kružnici, přičemž tuto kružnici oběhne za čas T. Podélná složka rychlosti v_{\parallel} způsobuje pohyb elektronu ke stínítku. Složením těchto dvou složek dostáváme šroubový pohyb. Za dobu T se všechny elektrony setkají na jednom místě. Změnou velikosti proudu procházejícího cívkou jsme nastavili magnetickou indukci B tak, aby se trajektorie elektronů protly na stínítku. V tom případě byl pozorován jediný ostrý bod.

Pomocí vzorce

$$B = \mu_0 \frac{N}{l'} I, \tag{2}$$

kde l' je délka cívky, jsme vypočítali magnetickou indukciB,kterou jsme dosadili do vzorce

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 l^2},\tag{3}$$

U[kV]	I[A]	B[T]	$e/m[C \cdot kg^{-1}]$
0,95	4,500	0,00258	$1,81393 \cdot 10^{11}$
1,00	4,550	0,00261	$1,867671 \cdot 10^{11}$
1,05	4,675	0,00268	$1,85759 \cdot 10^{11}$
1,10	4,675	0,00268	$1,94604 \cdot 10^{11}$
1,15	4,725	0,00271	$1,99167 \cdot 10^{11}$
1,20	4,775	0,00274	$2,03497 \cdot 10^{11}$
1,25	4,825	0,00277	$2,07605 \cdot 10^{11}$

kde U je urychlovací napětí, a tím jsme zjistili hodnotu měrného náboje elektronu.

Tabulka 1: Měření v podélném MP

Výsledek měření

Naměřený měrný náboj elektronu: $(194, 1 \pm 3, 721) \cdot 10^9 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Námi naměřená hodnota se neshoduje s udávanou hodnotou
[2] 1,75882 $\cdot \; 10^{11} \; \mathrm{C} \cdot \mathrm{kg}^{-1}.$

3 Měření v kolmém MP

V tomto uspořádání experimentu jsou elektrony emitovány z rozžhavené katody do nádoby naplněné zředěným vodíkem. Srážkami excitované molekuly vodíku přechází na nižší energetický stav a přebytečnou energii uvolňují ve formě fotonů. Proto můžeme sledovat dráhu letících elektronů.

Rychlost elektronu můžeme vyjádřit z rovnosti kinetické a elektrické energie

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \ . \tag{4}$$

Nádoba je umístěna v homogenním MP vytvořeném sestavou Helmholtzových cívek. Mag. indukce tohoto MP je kolmá ke směru pohybu elektronu, tudíž Lorentzova síla \vec{F}_L je rovna dostředivé síle \vec{F}_D a elektron začne opisovat kružnici. Pro tuto rovnost platí vztah

$$\frac{mv^2}{r} = evB.$$
(5)

Spojením rovnic (1) a (2) dostaneme vztah, ze kterého lze vypočítat měrný náboj elektronu

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2} , \qquad (6)$$

kde r je poloměr kružnice, kterou elektrony opisují a můžeme jej změřit pravítkem, urychlovací napětí U známe. Zbývá nám zjistit mag. indukci B. Ta je ovlivněna parametrem geometrie Helmholtzových cívek k a protékajícím proudem I.

Výsledný vztah pro výpočet je

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{k^2 I^2 r^2}$$
(7)

 $k = 0,781 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot \text{A}^{-1}$

U[V]	I[A]	r[m]	$e/m[\mathbf{C}\cdot \ \mathrm{kg}^{-1}]$
120	1,5	0,0325	1,65562
140	1,5	0,0350	1,66547
160	2,0	0,0310	1,36479
180	2,0	0,0325	1,39693
200	2,0	0,0320	1,60102

Tabulka 2: Měření v kolmém MP





(b)

Obrázek 1: Dráha elektronu

Výsledek

Naměřený měrný náboj elektronu: $(153, 6 \pm 6, 479) \cdot 10^9 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$. Námi naměřená hodnota se neshoduje s udávanou hodnotou 1,758 · 10¹¹ C · kg⁻¹.

4 Závěr

Naše měření se mírně odlišuje od tabulkové hodnoty. Prvním způsobem jsme naměřili větší měrný náboj elektronu, druhým způsobem naopak menší. Průměrná chyba obou měření je 11,35%. Chyba měření byla patrně způsobena nedokonalým odečítáním z měřících přístrojů a zastaralým vybavením.

5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali naší supervizorce Kataríně Gajdošové a FJFI za to, že nám umožnily měření této úlohy.

Reference

- [1] I. Štoll: Elektřina a magnetismus, Skriptum FJFI, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1994, str.171 až 177.
- [2] REMION: Laboratorní průvodce, 20. května 2014, dostupné z URL: www.labo.cz/mft/zkonst.htm
- [3] Wikipedia: J. J. Thomson, 20. května 2014, dostupné z URL: http://en.wikipedia.org/wiki/J.J.Thomson

Holografie – realizace reflexního hologramu A. Kapicová, <u>adela@kapic.cz</u> V. Linhart <u>linhart1995@seznam.cz</u> J. Matěna, matenajakub@gmail.com

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s holografií a následně použít některé teoretické znalosti v praxi při vytvoření reflexního hologramu kopírováním z transmisního hologramu.

Úvod – Seznámení s holografií

Holografie je metoda záznamu obrazu. Od fotografie se liší svou schopností zachovat třídimenzionální charakter zachyceného předmětu. Při pozorování fotografie nemůžeme objekt vidět z různých stran, protože nejsme při jejím záznamu schopni zachytit informaci o tom, ze kterého směru na film dopadlo světlo, a zaznamenáváme pouze intenzitu v daném bodě. Při pozorování hologramu jsme oproti tomu schopni vidět zaznamenaný objekt z různých stran, protože došlo při jeho vzniku k uchování informace nejen o intenzitě, ale také o směru (tedy fázi světelné vlny).

Vytvoření hologramu je omezeno mnohem náročnějšími požadavky než tvorba fotografie. K záznamu fáze se využívá interference dvou paprsků, které musí být koherentní a musí tedy vycházet ze stejného zdroje. Jediným odpovídajícím zdrojem je laser, jehož paprsek je děličem rozdělen na dva svazky. Jeden z nich se stává signální vlnou, která dopadá na záznamové médium odrazem od předmětu, a druhý svazek dopadá na záznamové médium přímo (referenční vlna). Koherentní svazky následně interferují a jejich výsledný interferenční obrazec je zachycen na záznamové médium.

K rekonstrukci hologramu dochází v případě, že na vyvolaný hologram dopadne světelný svazek shodný s referenčním. Tento svazek na zaznamenané struktuře difraktuje a vytvoří přesnou kopii signální vlny a to včetně její fáze (informace o směru). Existují dva typy hologramů, transmisní a reflexní, z nichž první je možné rekonstruovat pouze laserem, zatímco druhý i běžným bílým světlem.



(obrázek č. 1)
Vlastní experiment

Záměr

Právě vytvoření reflexního hologramu kopírováním z transmisního hologramu (masteru – původního vyvolaného hologramu) se stalo cílem praktické části našeho projektu. Záměrem bylo nejdříve sestrojit aparaturu nezbytnou pro kopírování hologramu a následně se zapojit do celého výrobního procesu, jehož výstupem měly být alespoň tři kopie.

Příprava pracovního prostředí

Podstatnou částí celého procesu je sestavení aparatury složené z laseru, zrcátek, děliče, prostorových filtrů, spojky a záznamového média.

Naším úkolem bylo nastavit jednotlivé části aparatury do správných poloh a vzdáleností (viz. obrázek č. 2). Paprsek laseru v soustavě vede ze zdroje prostřednictvím zrcátek až k děliči, jehož pomocí dojde k rozdělení laseru na dva paprsky, signální a referenční vlnu. Tyto paprsky jsou následně vedeny k záznamovému médiu, kterým byla v našem případě holografická deska Agfa Gevaert 8E75, pokrytá z jedné strany halogenstříbnou emulzí (AgBr). Vzdálenost děliče od média musí být pro obě větve stejná, aby byly paprsky schopny interferovat. Odchylka může být maximálně stejná jako koherenční délka laseru (v našem případě maximálně 20 cm).

V signální větvi je paprsek odražen zrcátkem do mikroskopického objektivu a následně zúžen a vyhlazen s pomocí malého kruhového otvoru (tzv. pinhole). Přes spojnou čočku se dostává k ploše původního masteru a vytváří signální vlnu. V referenční větvi se paprsek odráží s pomocí soustavy zrcátek, následně rovněž prochází mikroskopickým objektivem, je zúžen a vyhlazen skrze pinhole a dopadá pod určitým úhlem (v našem případě 50°) na záznamové médium.

Protože dochází k zaznamenávání interferenčního pole s periodou 1µm a délka expoziční doby se pohybuje v řádech desítek sekund, celá aparatura se během následného vytváření hologramu musí nacházet v klidu a nesmí se pohybovat ani kmitat. I samotné kmitání budovy, ve které se aparatura nachází, je dostatečně silné, aby ji vychýlilo a hologram znehodnotilo. Celá aparatura se proto nachází upevněná na speciálním odpruženém stole tlumícím otřesy.

Výpočty a naměřené hodnoty

Abychom zjistili, jak dlouho musíme nechat laser působit na záznamové médium (které se do soustavy vloží až po jejím dokončení a zafixování), potřebovali jsme změřit, jakou intenzitu mají laserové paprsky na obou stranách záznamového média dohromady. S pomocí měřáku výkonu "Newport" jsme tedy naměřili intenzitu signálu a reference (celková intenzita je dána jejich součtem). Naše holografická deska typu Agfa Geavest 8E75 měla expoziční energii 600μ J/cm². Čas celkové expozice jsme získali vydělením této expoziční energie celkovou intenzitou. V našem případě byl výkon laseru rozdělen děličem v poměru 1:3 (signální:referenční paprsek v rovině záznamového materiálu). Intenzitu signálního svazku jsme naměřili 10μ W/cm² a intenzitu referenčního svazku 30μ W/cm². Úhel dopadu referenčního svazku byl 50°. Délka expoziční doby byla 23 s.



(obrázek č. 2)

Zpracování kopií

Po nastavení veškeré potřebné aparatury a dopočtení expoziční doby následuje zaznamenávání. Během expozice je nutné, aby bylo záznamové médium chráněno před světelnou kontaminací, nezávadná je pouze přítomnost zeleného ochranného osvětlení. Jelikož musí být během expozice všechny prvky zcela nehybné (v zájmu přesnosti), je nutné nechat před expozicí celou místnost v klidu, aby měla možnost se ustálit. V našem případě tato fáze trvala deset minut, po nichž se jeden z členů týmu přemístil do místnosti a po dalších přibližně dvou minutách ustálení (i pouhý pohyb člověka v místnosti způsobí rozkmitání aparatury) začala vlastní expozice spuštěním laseru na přesně určenou expoziční dobu. Po skončení expozice byla záznamová deska vyjmuta z celé soustavy a stále mimo dosah světelných paprsků byla vložena do vývojky, ve které setrvala dvě minuty. Došlo v ní K přeměně AgBr na stříbro a deska zčernala. Následovalo vyplachování chemikálie z média vodou další dvě minuty. Další fází bylo bělení nezbytné k tomu, aby byl přes desku, která byla po vyvolání černá, dobře vidět vzniklý hologram. Doba bělení se u všech našich kopií pohybovala kolem 200 s. Dalších pět minut se již téměř hotový hologram znovu vymýval vodou od chemikálií, následně byl přesunut na minutu do 0,5% roztoku smáčedla. Po vyjmutí bylo nutné nechat hologram vysušit a náš experiment byl víceméně u konce. V poslední fázi již došlo pouze k zalaminování všech kopií, aby se předešlo snadnému poškození.

Výsledky

Během několika hodin strávených v laboratoři jsme měli možnost na vlastní oči pozorovat a také se účastnit procesu výroby hologramů. Teorii, kterou jsme se tedy dozvěděli obecně o holografii, jsme mohli přenést i do praxe. Naše působení se ukázalo jako úspěšné, o podrobných přípravách, expozicích a vyvolávání kopií jsme získali dokonce čtyři vydařené kopie původního transmisního hologramu (viz. obrázek č. 3).



(obrázek č. 3)

Poděkování

Naše poděkování patří skupině optické fyziky z FJFI ČVUT a zejména garantům Marku Škereňovi a Jakubu Svobodovi.

Zdroje

- [1] Přednáška v rámci <u>TV@J</u> Holografie (M. Škereň)
- [2] optics.fjfi.cvut.cz/?q=cs/ZPOP [3] optics.fjfi.cvut.cz/?q=cs/node/305

Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama

Natálie Živná Kryštof Rydlo Patrik Zach ČVUT FJFI Praha 1, Břehová 7 arnesis90@gmail.com Krystof.Rydlo@seznam.cz ZachPatrik14@seznam.cz

Abstrakt:

Tento projekt má ukázat, že ačkoli jsou někdy nanočástice považované za škodlivé, mohou mít i kladné využití za určitých podmínek.

1 Úvod

Cílem této práce bylo vytvořit několik různých vzorků koloidního stříbra a jednotlivé vzorky vystavit působení buď UV záření, nebo záření gama. Na základě toho byly vytvořeny grafy, v nichž se ukazuje, jaký vliv má délka záření na nanočástice stříbra v roztoku a které z nich poskytuje lepší výsledek.

Nanočástice se v současné době zkoumají v mnoha směrech. Uvažuje se o jejich užití v medicíně, kdy by se léčiva mohla pomocí nanočástic dopravit přesně do buněk, kde působí nejúčinněji. Jejich využití je v tomto směru prozatím omezené, nanočástice po přenosu mohou zničit i buňky, čemuž se vědci snaží zabránit. Nanočástice stříbra jsou využívané kvůli jejich výhodným vlastnostem. Jsou antibakteriální prostředky a fungicidy [1]. Tohle jejich využití je jedno z nejstarších. Používalo se už 400 let před naším letopočtem k dezinfekci ran. Díky jejich vysoké povrchové resonanci se uvažuje o jejich použití ve fotovoltaice, ke zvýšení účinku solárních článků. Stříbro spolu s mědí a zlatem patří do skupiny kovů, které jako jedny z mála mají ve své koloidní formě jinou barvu než černou [2].

K tvorbě vzorků a měření výsledků byly použity aparatury nacházející se v laboratořích na ČVUT. K ozáření výsledků UV světlem byly použity čtyři 25 wattové výbojky vyzařující 254 nanometrů vlnové délky. K ozáření dalších vzorků pomocí záření gama byl použit přístroj v suterénu ČVUT. Vzorky byly měřeny na UV visible spektrophotometer.

2 Metodika

K přípravě 1,6 litru vzorku roztoku koloidního stříbra byl použit dusičnan stříbrný (AgNO₃) o 10⁻⁴ molární hmotnosti, navážené množství bylo 21,04 miligramů. Do roztoku byl přidán 2 – propanol o objemu 160 mililitrů, 16 mililitrů acetonu gramů 0.813 a byl důkladně polyvinylalkoholu. Vzorek promíchán, po rysku dolit demineralizovanou vodou a přelit do odměrného válce používaného v digestoři s UV výbojkami. Odměrný válec byl stabilizován v aparatuře na vařiči s magnetickým polem a za stálého míchání pomocí magnetického míchátka. Do válce byly zapojeny čtyři výbojky v křemenném skle očištěném destilovanou vodou. Válec byl uzavřen v digestoři a zastíněn, aby nedošlo k šíření UV záření, které by v kontaktu s pokožkou mohlo zvýšit riziko rakoviny kůže. První vzorek výsledku této práce byl odebrán po šesti minutách vystavení spektrofotometru výbojkám. V UV byly naměřeny výsledky po necelých dvou minutách. Další vzorek byl odebrán z odměrného válce po



Obrázek 1: Aparatura pro ozáření UV

dvaceti minutách a změřen na spektrofotometru za stejných podmínek jako předchozí měření. Obsah odměrného válce byl zneutralizován peroxidem vodíku.



Graf 1: Koloidní stříbro po UV záření

Pro ozáření stříbra zářením gama musel být použit jiný vzorek, který se připraví jako roztok 2 gramů TX-100 a dusičnanu stříbrného o hmotnosti 1,69 miligramů. Tyto vzorky byly uloženy do přístroje Gammacell, který vydává 55 gray/h. Zde se nechaly vzorky, které byly postupně odebírány a pozorovány ve spektrometru. 1. vzorek byl vyjmut po 5h 25 min, u kterého nebyly patrné téměř žádné výrazné změny. 2. vzorek byl odejmut za dalších 16h 30min, na kterém byly patrné již výrazné změny, a u 3. vzorku byla absorbance nad 90%.



Graf 2: Absorbance světla roztoku stříbra po ozáření gama

V grafu je možné vidět rozdíl mezi UV zářením a zářením gama. Vzorky, které byly ozařovány výbojkami se i přes rozdílný čas v době jejich osvětlování v grafu neliší o vysoké hodnoty. Délka ozáření nemá tak velký vliv na výsledek. Výbojky měly vliv na barvu připravené látky, která se z bezbarvé změnila až na tmavě hnědou. Kdežto u výsledků z ozáření gama jsou patrné veliké změny v absorbanci.

3 Shrnutí

Některá měření musela být dlouhodobá, například vzorky u záření gama musely být měřeny přes noc, aby se dala okem pozorovat změna barvy, případně jiného stavu látky. Dle výsledků v grafech je viditelná větší pík u záření gama. Ačkoli toto měření muselo být prováděno několik hodin, za pomocí urychlovače by se takového výsledku dalo dosáhnout během několika vteřin.

Záření gama má na nanočástice daleko větší vliv než pouze UV. V budoucnu by se nanočástice stříbra mohly rozšířit do medicíny tak, aby nepoškozovaly potřebné buňky.

Poděkování

Děkujeme organizátorům Týdne vědy za možnost dostat se do laboratoří ČVUT a podílet se na přípravě nanočástic. Dále bychom rádi poděkovali našemu konzultantovi doc. Ing. Rostislavu Silberovi, CSc. za jeho ochotu provést nás po laboratořích a zasvěcením nás do problematiky nanočástic a jeho kolegovi za jím věnovaný čas ujmout se nás v době nepřítomnosti našeho konzultanta.

Reference:

- [1] Zdychová, V.: Příprava a vlastnosti radiačně indukovaného nanostříbra, 2010, 11-12
- [2] Wangle, T.: Nanosilver Preparation by Irradiation Methods in Micellar Systems, 2013, 3

Měření spektra gama záření scintilačním detektorem

Linda Fialová, Gymnázium Česká Lípa, <u>lindafijalova@gmail.com</u> Vojtěch Fišer, Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha 4, <u>tydlitele@gmail.com</u> Iveta Zatočilová, Gymnázium Jiřího Ortena Kutná Hora, <u>iveta.zatocilova@studenti.gymkh.eu</u>

Abstrakt:

Zabývali jsme se gama spektroskopií, což je disciplína, která měří a vyhodnocuje spektra gama zářičů. Naším úkolem bylo naměřit spektra gama záření několika vzorků a hodnoty porovnat s tabulkovými. Změřili jsme také spektrum neznámého vzorku a zjistili jsme, že se jedná o izotop sodíku.

1 Úvod

1.1 Historie

Scintilační detektory jsou nejstarším způsobem detekce těžkých částic. První scintilační detektor pojmenovaný spintariskop byl sestaven Crooksem a Regenerem v roce 1908. Záblesky dopadaly na stínítko pokryté vrstvou ZnS a byly počítány pomocí jednoduchého mikroskopu okem pozorovatele. Nevýhodou spintariskopu bylo to, že kladl velké nároky na zrak pozorovatele, který musel počítat scintilace ZnS stínítka. V roce 1941 použil Krebs citlivého GM fotodetektoru jako náhrady za lidský zrak. Výsledky ale nebyly uspokojující.

První využitelný scintilační detektor sestavili Curran a Baker v roce 1944 v Los Alamos. Pro detekci světelných záblesků použili fotonásobiče firmy RCA, vyvinutého pro fotometrii ve filmovém průmyslu. Objev scintilačních vlastností organických a anorganických látek vedl k dalšímu vývoji scintilačních detektorů, který byl ukončen objevem plastických a kapalných scintilátorů v roce 1950. Dnes je nejpoužívanějším scintilačním detektorem NaI(Tl), který má nejlepší energetickou rozlišovací schopnost. ^[2]

1.2 Využití

Scintilační detektory jsou používány v lékařských, technických a vědeckých oborech, ale i v základním výzkumu, kde se užívá ionizujícího záření. Jejich výhodou je kompaktnost, provozní nenáročnost a cenová dostupnost.

2 Měření spektra gama záření

2.1 Gama záření

Gama záření je elektromagnetické záření vysílané z jádra atomu. Zdroje gama záření můžeme charakterizovat spektrem, tzn. grafem závislosti počtu impulsů na energii. Studiem spekter gama zdrojů se zabývá spektrometrie záření gama. Gama záření vzniká jako doprovodný jev při α nebo β přeměně atomových jader. Samostatný gama zářič v přírodě neexistuje.

2.2 Detekce

2.2.1 Princip scintilačního detektoru

Scintilátor je látka, která reaguje světelnými záblesky při pohlcení gama záření. Světelné záblesky jsou pak zaznamenávány pomocí fotonásobiče. Pro gama záření je používán monokrystal NaI(Tl), což je jodid sodný aktivovaný thaliem.



Obr. 1 Scintilační detektor

Ve spektru pozorujeme mimo charakteristických píků plného pohlcení také píky a oblasti, které jsou důsledkem následujících dvou efektů a jejich kombinací.

2.2.2 Fotoefekt

Tj. vnitřní fotoelektrický jev nastává, když foton předá svou energii elektronu (nejčastěji na K vrstvě atomového obalu) a elektron se z vrstvy uvolní. Místo uvolněného elektronu zaplní elektron z vyšší energetické vrstvy a vyzáří se rentgenový foton. Tento jev se opakuje až do dosažení stabilní konfigurace atomu.

2.2.3 Comptonův rozptyl

Comptonův rozptyl nastává zejména na elektronech z vnějších slupek atomu, které můžeme vzhledem k rychlosti fotonu považovat za nehybné. Při této srážce foton předá část své energie elektronu a pokračuje jiným směrem s menší energií a elektron je odražen.^[1]

2.3 Měření

2.3.1 Pomůcky

Scintilační detektor, zdroj vysokého napětí PHYWE, jednokanálový analyzátor TESLA, čítač impulsů FC-2130U, multikanálový analyzátor PHYWE, osciloskop, osobní počítač, propojovací kabely, zdroje gama záření, olověné destičky, stopky, programy MEASURE, MS Excel a GNUplot

2.3.2. Postup

Jako první jsme použili zářič¹³⁷Cs, který jsme umístili na scintilační detektor připojený multikanálový analyzátor k osciloskopu. Pomocí zobrazené křivky na osciloskopu jsme se pokusili načrtnout spektrum gama záření.

V druhém přesnějším měření jsme použili jednokanálový analyzátor a čítač. Měřili jsme počet impulsů po 100 mV úsecích a jejich hodnoty odčítali na čítači. Tímto měřením vznikl již přesnější graf spektra gama zářiče.

Nakonec jsme zaznamenávali spektrum různých gama zářičů po dobu 10 minut multikanálovým analyzátorem a pomocí programu MEASURE. Výsledná data jsme převedli do grafu závislosti počtu impulsů na energii. Tuto nejpřesnější metodu jsme použili k měření všech zářičů a k určení neznámého prvku.



Obr. 2 Záznam impulzů gama zářiče ¹³⁷Cs na obrazovce osciloskopu



Obr. 3 Gama zářiče ⁶⁰Co a ¹³⁷Cs



2.3.3 Výsledky

Obr. 4 Histogram spektra ¹³⁷Cs, E značí energii, N/10min je počet zaznamenaných pulzů

Na Obr. 4 lze dobře vidět pík zpětného rozptylu na energii kolem 200 keV, Comptonovské kontinuum v rozmezí cca 200-400 keV zakončené Comptonovou hranou. Na energii zhruba 660 keV je výrazný pík plného pohlcení.

Kalibraci analyzátoru jsme provedli z měřením tří známých píků plného pohlcení (⁶⁰Co a ¹³⁷Cs) a následným proložením lineární funkce těmito třemi body. To nám umožnilo přiřadit ke kanálům analyzátoru energie.

V tabulce Tab.1 je porovnání námi naměřených hodnot s hodnotami tabulkovými. Energie píků plného pohlcení byly určeny fitováním pomocí Gaussovy funkce.

Tab. 1 Porovnání naměřených a tabulkových hodnot píků plného pohlcení. E_n – naměřená energie, E_t – tabulková hodnota.

Název prvku	E _n [keV]	E _t [keV]
⁶⁰ Co ₁	$(1158,98 \pm 0,09)$	1173,228
⁶⁰ Co ₂	$(1304, 1 \pm 0, 9)$	1332,492
¹³⁷ Cs	$(649,8 \pm 0,2)$	661,657
²⁴¹ Am	$(60,0 \pm 0,4)$	59,5409
¹³³ Ba	$(372, 6 \pm 0, 2)$	356,0129



Obr. 5 Histogram spektra neznámého prvku

Dalším úkolem bylo určení izotopu neznámého prvku. Na Obr. 4 je námi naměřený histogram. Na něm je možné pozorovat dva velké píky. První pík jsme určili jako anihilační pík. ^[3] Zjistili jsme tedy, že neznámý prvek podléhá β + rozpadu. V tabulkách jsme hledali izotopy, které při β + rozpadu produkují gama fotony s píkem plného pohlcení na energii cca 1259 keV a mají velký poločas rozpadu. Kritériím nejlépe vyhověl izotop ²²Na.

3 Shrnutí

Vyzkoušeli jsme tři metody měření gama záření pomocí scintilačního detektoru. Nejpřesnější z nich jsme využili k změření gama spektra 4 známých vzorků a naměřené hodnoty porovnali s tabulkovými. Pomocí naměřeného spektra neznámého vzorku jsme zjistili, že se jedná o izotop sodíku ²²Na.

Poděkování

Děkujeme Ing. Jaroslavě Fojtíkové za cenné rady a pomoc při měření. Dále děkujeme FJFI ČVUT za poskytnutí pomůcek a zázemí a v neposlední řadě Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za pořádání Týdne vědy na Jaderce.

Reference

 Kolektiv fyzikálního praktika FJFI ČVUT: Měření spektra gama záření scintilačním počítačem
 KREJČÍ V.: Scintilační detektory, 2002 URL: <u>http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadlenkova/Scintilacni%20detektory.pdf</u>

[19. 5. 2014]

[3] WAGNER V.: *Spektrum záření gama, jeho získávání a analýza*, URL: <u>http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/spektroskopie/osnova.html</u> [19. 5. 2014]

Dualismus vln a částic

T. Bohuslav¹, T. Jakubec² A. Jančová³

¹Gymnázium Příbram, Legionářů 402, Tomasbohuslav@centrum.cz
 ²Gymnázium Trutnov, Ja248@seznam.cz
 ³Gymnázium Na Zatlance, Praha, anezkajancova@seznam.cz

Abstrakt:

Věděli jste, že pokud si budete házet tenisovým míčkem o zeď a budete dost trpěliví, tak jednou z 10^{30} pokusů míček prolétne zdí, aniž by zeď porušil? Je to těžko uvěřitelné, že dualistická povaha se netýká jen mikročástic, ale i makroskopického světa. Prozatím nám však stačí ověření v mikrosvětě.

1 Úvod

Dualismus vln a částic se vztahuje ke skutečnosti, že každou částici lze popsat buď jako vlnu (šíření určitého rozruchu, zpravidla kmitů, prostorem) nebo jako částici (velmi malá část hmoty, která se projevuje svými charakteristickými vlastnostmi). S touto myšlenkou poprvé přišel již v roce 1924 Louis de Broglie, který objevil vztah mezi vlnovou délkou a hybností částice.

Tento vztah lze zapsat vzorcem:

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad \qquad \lambda - v lnová délka h - Planckova konstanta p - hybnost$$

2 Teoretická část 2.1 Planckova konstanta

Hlavním cílem bylo ověření Planckovy konstanty, což je konstanta, která udává nejmenší možné množství energie. K ověření provedeme experiment s urychlenými elektrony. Z naměřených hodnot a po dosazení do rovnic by nám měla vyjít Planckova konstanta, kterou budeme porovnávat s tabulkovou hodnotou.

$$h = \frac{kd\sqrt{2me}}{2L}$$

Kde k je konstanta, která udává závislost průměru difrakčních obrazců na převrácené hodnotě odmocniny z napětí, kterým urychlujeme elektrony; d – rozteč atomů v krystalu; m – hmotnost elektronu; e – elementární náboj elektronu; L – vzdálenost polykrystalu od stínítka.

2.2 Popis aparatury



Po zahřátí katody (wolframového vlákna) dojde k tepelné emisi elektronů, které jsou urychlovány a zaostřovány napětím mezi katodou a anodou. Dále urychlené elektrony prochází přes polykrystal grafitu, který má 2 krystalické roviny, a proto vzniknou 2 kruhové obrazce o průměrech D₁, D₂.



Každý úhel θ pod kterým se elektron odrazí od polykrystalu, musí splňovat Braggovu podmínku, aby nastala interference na stínítku. Podle vztahu:



3 Praktická část

Měření

Po zapojení aparatury jsme nastavili určitou hodnotu napětí na přístroji měření difrakce, jejímž výrobcem je LD Didactic GmbH a pro každé určité napětí jsme změřili průměr difrakčních obrazců. Tento postup jsme opakovali pro různá napětí v rozsahu 3 až 5 kV. Z naměřených hodnot průměrů difrakčních obrazců d a nastaveného napětí U jsme spočítali konstantu k podle vztahu:

$$d = \frac{k}{\sqrt{U}}$$

4 Výsledky

U^-1/2 [V]	d1[mm]	d1'[mm]	[D1]m	d2[mm]	d2'[mm]	[D2]m
0,018257	48,8	76	0,0272	38,9	84	0,0451
0,017678	47,7	75,2	0,0275	38,3	83,9	0,0456
0,01715	47	73,4	0,0264	38	81,6	0,0436
0,016667	48	73,3	0,0253	38,9	83,6	0,0447
0,016222	48	73	0,025	39,5	81,1	0,0416
0,015811	48,9	73,4	0,0245	39,4	80,1	0,0407
0,014142	49,7	70,9	0,0212	42	78,5	0,0365
	U^-1/2 [V] 0,018257 0,017678 0,017678 0,016667 0,016222 0,015811 0,014142	U^-1/2 [V] d1[mm] 0,018257 48,8 0,017678 47,7 0,01715 47 0,016667 48 0,016222 48 0,015811 48,9 0,014142 49,7	U^-1/2 [V] d1[mm] d1'(mm] 0,018257 48,8 76 0,017678 47,7 75,2 0,01715 47 73,4 0,016667 48 73,3 0,016222 48 73 0,015811 48,9 73,4 0,014142 49,7 70,9	U^-1/2 [V] d1[mm] d1'[mm] [D1]m 0,018257 48,8 76 0,0272 0,017678 47,7 75,2 0,0275 0,01715 47 73,4 0,0264 0,016667 48 73,3 0,0253 0,016222 48 73,4 0,0254 0,015811 48,9 73,4 0,0245 0,014142 49,7 70,9 0,0212	U^-1/2 [V] d1[mm] d1'(mm] [D1]m d2[mm] 0,018257 48,8 76 0,0272 38,9 0,017678 47,7 75,2 0,0275 38,3 0,01715 47 73,4 0,0264 38 0,016667 48 73,3 0,0253 38,9 0,016222 48 73,4 0,0254 39,5 0,015811 48,9 73,4 0,0245 39,4 0,014142 49,7 70,9 0,0212 42	U^-1/2 [V] d1[mm] d1'[mm] [D1]m d2[mm] d2'[mm] 0,018257 48,8 76 0,0272 38,9 84 0,017678 47,7 75,2 0,0275 38,3 83,9 0,01715 47 73,4 0,0264 38 81,6 0,016667 48 73,3 0,0253 38,9 83,6 0,016222 48 73 0,0253 39,5 81,1 0,015811 48,9 73,4 0,0245 39,4 80,1 0,014142 49,7 70,9 0,0212 42 78,5

Naše výsledky jsme zaznamenali do patřičné tabulky.

I adulka C. I	Tabul	ka	č.	1
---------------	-------	----	----	---

D1, D2 jsou vypočtené průměry kruhů, které jsme získali rozdílem naměřených hodnot d1,d1', d2,d2' což jsou pomocné vzdálenosti od pevného bodu.

Naměřenými hodnotami jsme v programu Gnuplot 4.6 proložili lineární funkce viz graf č.1

Přičemž směrnice pro funkci f1(x) je \mathbb{E} k1 a směrnice pro funkci f2(x) je k2

Za pomoci programu Gnuplot, jenž vypočítal konstanty k_1, k_2

$$k_1 = (1,53912 \pm 0,14) \text{ mV}^{1/2}$$

 $k_2 = (2,26 \pm 0,3) \text{ mV}^{1/2}$



3 Závěr

Po dosazení do rovnic námi naměřené hodnoty nám Planckova konstanta vyšla $6,7149 \cdot 10^{-34}$. V porovnání s tabulkovou hodnotou, která je $6,6256 \cdot 10^{-34}$ J.s jsme se vešli do odchylky 1,325 %.

Důvodem naší odchylky byla nepřesnost měření průměru difrakčních obrazců, neboť jsme nemohli přesně zaměřit průměry difrakčních obrazců. Další nepřesnost byla zaviněna přístrojem, jehož vysokonapěťový zdroj, jehož odchylka byla 0,01 kV.

Poděkování

V první řadě bychom chtěli poděkovat Ing. Jaroslavu Adamovi za odborné vedení práce a vstřícný přístup. Dále bychom chtěli poděkovat FJFI, organizátorům týdně vědy, především panu doktoru Svobodovi.

Reference:

- [1] GRIFFITHS, D. J., Introduction to Quantum Mechanics Prentice Hall 1995, s. 3
- [2] LD Didactic GmbH: Atomic and Nuclear Physics, Dualism of wave and particle, P6.1.5.1

Počítačové simulace fyzikálních problémů

J. Jukl, R. Kuba Týden vědy na Jaderce jan.jukl@email.cz, rikub.cz@gmail.com

Abstrakt:

Zaměřili jsme se na simulaci dynamiky vystřeleného projektilu v prostření s odporem. Studovaný problém lze popsat Newtonových druhým zákonem, který nám poskytne matematickou formulaci problému pomocí soustavy obyčejných diferenciálních rovnic. Tato soustava není obecně analyticky řešitelná, ale užitím Eulerovy metody ji lze diskretizovat. Připravili jsme program v C# poskytující numerické řešení daného problému za různých nastavení parametrů.

1 Úvod

Počítačové simulace se využívají všude kolem nás, např. před uvedením nového auta jsou provedeny crash testy na počítači, sestrojením nového letadla, jehož vlastnosti jsou testovány na počítači či tok vozidel novou křižovatkou se simuluje. Nakonec i populární počítačové hry obsahují nesčetně mnoho simulací, pokoušející se hru přiblížit reálnému světu.

Vědcům simulace umožňují vyzkoušet si spoustu problémů nanečisto, čímž se ušetří mnoho prostředků a redukují možné omyly při experimentu. Vybrali jsme si jednoduchý model vrhu s odporem, což nám dalo příležitost, vyzkoušet si simulace fyzikálních problémů.

2 Vrhy v prostředí

Teorie vrhu

Veškeré rovnice, které jsme v programu pro výpočty použily, vychází z Newtova druhého pohybového zákona. Vrhem nazýváme, když se těleso, jemuž udělíme počáteční rychlost v a elevační úhel (úhel, pod kterým těleso vystřelíme vzhledem k ose x) alfa, pohybující se v homogenním gravitačním poli. Pokud bychom tento problém přenesli do soustavy souřadnic, výsledkem takového pohybu bude parabola s vrcholem v bodě, který leží v kladných poloosách x i y – H. Viz *obr. 1*.



Problém volného vrhu bez odporu je formulován pomocí diferenciální rovnice:

$$-gm\vec{y}_0 = m\vec{a}$$

Pro změnu souřadnic na ose x platí: $x = x_0 + v_0 t \cos \alpha$, kde x₀ je počáteční souřadnice na ose x, v₀ je počáteční rychlost, t je čas a α je elevační úhel. Můžeme si všimnout, že po ose x

nepůsobí žádné tíhové zrychlení. Pro změnu souřadnice y platí: $y = y_0 + v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2$

Naším cílem bylo simulovat prostředí na planetě zemi. Z důvodu odporu vzduchu bude graf $d = \frac{v_0^2}{c} \sin 2\alpha$

tohoto vrhu vypadat jinak, viz obr. 2. Vzdálenost dopadu lze spočítat:



Obr. 2

Síla, která působí na pohybující se předmět je opačná s vektorem rychlosti tělesa. Podle vzorce Newtonovy odporové síly $F_{od} = 1/2 \cdot C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$

Po vyjádření dostaneme rovnici, kterou jsme použili v programu:

$$-gm\vec{y}_0 - \frac{1}{2}CS\rho|v|\vec{v} = m\vec{a}$$

Dále jsme se uchýlily k programování modelu, který jsme diskretizovali pomocí Eulerovy metody. My jsme využili jazyk C#, který nám poskytl vhodný kompromis mezi výkonem a jednoduchým ovládáním. Grafické rozhraní umožňuje nastavení vlastních parametrů vrhu, viz *obr. 3.*



Obr. 3

Souřadnice trajektorie jsou zapisovány do souboru na řádky pod sebe. Zadáním množiny souřadnic do renderovacího programu získáme grafy. Na *obr. 4* jsou vyobrazeny trajektorie letu předmětu v atmosféře. Zelená trajektorie pod úhlem 28° je trajektorií s nejdelším doletem pro měřené těleso.



Graf závislosti doletu na součiniteli odporu

Pro S=0,000072m², m=0,0041kg, v=940m/s na *obr*. 5. Jako vzor pro tyto hodnoty byly použity náboje (5.56x45mm) do pušky M4.



Obr. 5

Graf závislosti doletu na hmotnosti

Pro C = 0,05, S=0,000072m², v=940m/s a m jsou 4.1g, 400g, 40kg na *obr.* 6. V případě vyšších hmotností se trajektorie blíží teoretické linii – modelu bez odporové síly.



3 Shrnutí

Studovali jsme problém vrhů s odporem prostředí. Připravili jsme program, který simuloval tento model. Zjistili jsme, že pro vysoké hmotnosti se blížíme chovaní hmotných bodů jako v prostředí bez odporu a maximální dostřel bych dosažen při úhlu 28° pro model kulky 5.56x45mm, jenž se odchyluje od teoretické hodnoty 45° pro model bez odporu prostředí.

Poděkování

Děkujeme organizátorům Týdne vědy na Jaderce a našemu garantovi Ing. Hynku Lavičkovi za odborné konzultace.

Reference:

- <u>http://www.balistika.cz/vnejsi_teorie.html</u>
- http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/kontinuum/4_6
- <u>http://www.gnuplot.info/</u>

Příprava a kontrola kvality radiofarmak

N. Groverová A. Roeselová J. Hrnčířová L. Říhová Gymnázium Jana Nerudy, Praha Gymnázium Jana Keplera, Praha Gymnázium Jaroslava Vrchlického, Klatovy Gymnázium Vrchlabí nikca.grover@gmail.com beta.roe@gmail.com janikpotter@gmail.com rihova.len@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem práce byla příprava radiofarmak obsahujících ^{99m}Tc z dvou různých kitů (HIDA, MDP) a jejich následná kontrola jejich radiochemické čistoty. Postup při přípravě a kontrole byl založen na lékopisu uveřejněným SÚKL. K přípravě technecia byl použit generátor a k určení kvality radiofarmaka byla využita tenkovrstvá chromatografie vyhodnocena elektronickou autoradiografií.

1 Úvod

Radiofarmaka jsou léčiva obsahující jeden nebo více atomů charakteristických radionuklidů. Ty se váží na nosnou sloučeninu, která je následně specificky vychytávána různými orgány v těle pacienta. Pro přípravu radiofarmak v tomto projektu bylo využito ^{99m}Tc, nejčastěji používané v nukleární medicíně jak diagnosticky, pro svou nízkou cenu. Na radiofarmaka jsou kladeny vysoké požadavky ohledně kvality, a proto je podávané farmakum kontrolováno těsně před aplikací pacientovi.

2 Příprava radiofarmak

Eluát ^{99^m}Tc byl připraven generátorem, ve kterém dochází k redukci technecia ze stavu Tc⁷⁺ na Tc⁴⁺ za pomocí redukčních činidel jako je SnCl₂. Při redukci dochází k následujícím procesům:

 $3 \operatorname{Sn}^{2+} \rightarrow 3 \operatorname{Sn}^{4+} + 6 e^{-}$ $2^{99m} \operatorname{TcO}_{4^{-}} + 16 \operatorname{H}^{+} + 6 e^{-} \rightarrow {}^{99m} \operatorname{Tc}^{4+} + 8 \operatorname{H}_{2} O$

Eluát byl přidán ke kitům a obsah lahvičky byl promícháván za laboratorní teploty – v případě radiofarmaka HIDA po dobu 30 minut, u MDP pouze 10 minut.

Aktivita eluátu před i po smíchání s radiofarmaky byla průběžně měřena v ionizační komoře

Výsledky

rubulku 2.1 ukuzuje merenou rudibuktivitu komplexu		
Název měřené látky	Radioaktivita [MBq]	
Eluát	1378	
MDP + eluát	532	
HIDA + eluát	524	
Zbytek eluátu	56,8	

Tabulka 2.1 ukazuje měřenou radioaktivitu komplexu

Tato tabulka ukazuje, že pokud sečteme naměřenou radioaktivitu MDP, HIDA a zbytku eluátu, zjistíme, že radioaktivita se snížila o cca 200 MBq z důvodu rozpadu technecistanu.

3 Kontrola kvality radiofarmak

Kvalita radiochemické čistoty byla ověřena tenkovrstvou chromatografií. HIDA s eluátem byla nanesena v množství 1-2 μ l na TLC SILICAGEL 60 F₂₅₄, který byl vyvinut roztokem acetonitrilu s vodou (1:1) (CHROMATOGRAM 1). Roztok byl také nanesen na Whitman1 papír, který se vyvíjel v acetonu s vodou (9:1) (CHROMATOGRAM 2). MDP s eluátem bylo naneseno ve stejném množství na TLC SILICAGEL 60 F₂₅₄, který se nechal vyvíjet v roztoku NaCl (0,15 mol/l) (CHROMATOGRAM 3). Na Whitman1 papír byl roztok také nanesen a vyvíjel se v acetonu s vodou (9:1) (CHROMATOGRAM 4). Po vyschnutí papírků byly vyhodnoceny pomocí elektronické autoradiografie AR2000 (Bioscan), ze kterých byly získány níže uvedené grafy a hodnoty (Tabulka 3.5). Přitom pro medicínské účely by měla vyjít čistota alespoň 95%.

Výsledky

Tabulka 3.1 (HIDA A)

Reg	RF	Regio Counts	% of ROI
Rqn 1	-0,006	57073	38,13
Rgn 2	0,912	46294	61,87

Tabulka 3.2 (HIDA B)

Reg	RF	Regio Counts	% of ROI	
Rqn 1	-0,017	319	0,28	
Rqn 2	0,863	114167	99,72	



Tabulka 3.3 (MDP A)

Reg	RF	Regio Counts	% of ROI
Rqn 1	9,5	-0,002	100

Tabulka 3.4 (MDP B)

Reg	RF	Regio Counts	% of ROI
Rqn 1	0,239	95281	69,17%
Rqn 2	0, 820	42473	30,83%





200

Název měřené látky	Radiochemická čistota [%]
HIDA	62,15
MDP	30,83

Tabulka 3.5 Čistota látek

4 Shrnutí

V grafu 1 jsou vidět 2 píky, přitom první pík zůstávající na startu vypovídá o množství koloidního technecistanu a druhý pík ukazuje množství technecistanového iontu, který postupuje s čelem mobilní fáze.

V grafu 2 je vidět pouze druhý pík, který ukazuje množství komplexu technecistanových iontů a HIDA.

Z obou grafů jsme si vypočítaly procento aktivity, jejichž rozdíl jsme zjistily radiochemickou čistotu komplexu HIDA.

V grafu 3 je pro změnu vidět pouze první pík, tedy ukazatel koloidního technecistanu.

V grafu 4 jsou oba píky, z nichž první znovu ukazuje koloidní technecistan a druhý je jako směs komplexu ^{99m}Tc-MDP a technecistanových iontů.

Z grafů 3 a 4 jsme znovu vypočetly procento aktivity a došly jsme stejnou cestou k radiochemické čistotě jako u HIDA.

Je důležité zmínit, že použité kity a generátor nebyly ve stavu, kdy by byly vhodné pro použití v nukleární medicíně, tedy posloužily k ilustraci, ale jejich čistota byla natolik nízká (Tabulka 3.5), že by nebylo možné je podávat pacientům. Faktorů snižujících čistotu je několik, např. kontaminace jehel, nesprávné uchovávání kitů, expirace látek, kontaminace generátoru.

5 Poděkování

Děkujeme RNDr. Martinu Vlkovi a RNDr. Janu Kozempelovi Ph.D za trpělivé vedení miniprojektu a cenné rady. Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům Týdne vědy za skvělou příležitost a obohacující program.

Reference:

SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU, Příloha č. 2 ke sdělení sp. zn. SÚKL 217633/2012, str. 5 SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU, Příloha č. 2 ke sdělení sp. Zn. SÚKL 217631/2012, str. 5 MAJER V. A KOL, *Základy jaderné chemie*, SNTL/Alfa, 1981

Interference a ohyb světla

P. Smísitel, J. Bobek Gymnázium Bučovice, Střední průmyslová škola Třebíč smisa.p@seznam.cz, pepebob382@email.cz

Abstrakt:

V miniprojektu jsme zjišťovali pomocí difrakčního obrazce průměr malého kruhového otvoru, velikost štěrbiny a mřížkovou konstantu difrakční mřížky. Navíc jsme pomocí interferenčního obrazce přeměřili vlnovou délku laserového paprsku. Všechny experimenty jsme prováděli za použití He-Ne laseru.

1 Úvod

V našem miniprojektu jsme pomocí difrakce laserového paprsku měřili velikost kruhového otvoru, štěrbiny a mřížkovou konstantu difrakční mřížky. Difrakce neboli ohyb je jedním z projevů vlnových vlastností světla. Jako světelný zdroj jsme použili laserový paprsek. Ten je zvláště vhodný proto, že poskytuje světlo monochromatické (s přesně danou frekvencí) a koherentní (s neměnným rozdílem fází). Dále jsme pomocí Michelsonova interferometru změřili vlnovou délku použitého laseru.

2 Difrakce

Postavíme-li světlu do cesty překážku velikostně srovnatelnou s jeho vlnovou délkou (např. kruhový otvor), dojde k difrakci. Každý bod otvoru můžeme považovat za zdroj sekundárních vln a interferencí těchto vln vznikne na stínítku difrakční obrazec. Pomocí měření vzdáleností jednotlivých maxim nebo minim můžeme vypočítat velikost otvoru. K Fraunhoferově difrakci dochází tehdy, jsou-li rozměry clony mnohem menší, než je vzdálenost clony od stínítka.

Průměr laserového paprsku se s rostoucí vzdáleností od výstupního zrcadla laseru zvětšuje (je divergentní). Pro měření na kruhovém otvoru a na štěrbině budeme potřebovat světelný svazek rozšířit, díky čemuž se z velké části zbavíme i divergence svazku. Toho docílíme pomocí sestavy dvou spojných čoček, která se nazývá Keplerův dalekohled. Laserový paprsek necháme dopadat na spojku o ohniskové vzdálenosti $f_1 = 50$ mm a do jejího předmětového ohniska umístíme obrazové ohnisko spojky o ohniskové vzdálenosti $f_1 = 200$ mm. Rozšířeným rovnoběžným světelným paprskem posvítíme na štěrbinu či kruhový otvor a na stínítku budeme pozorovat ohybový obrazec. Vzdálenost stínítka od štěrbiny musí být dostatečně velká, abychom pozorovali Fraunhoferovu difrakci. Dráhu světelného paprsku si prodloužíme dvěma rovinnými zrcadly, stínítko je umístěno na zdi.

Fraunhoferova difrakce na štěrbině

Posvítíme-li si rozšířeným laserovým paprskem na štěrbinu, získáme na stínítku difrakční obrazec. Změříme-li polohy minim, můžeme vypočítat šířku štěrbiny, známe-li vzdálenost štěrbiny od stínítka (tu jsme si prodloužili pomocí rovinných zrcadel) a vlnovou délku použitého světla. K výpočtu šířky štěrbiny použijeme vztah

$$D = \frac{m\lambda}{\sin\theta}$$

kde *m* je řád minima, λ je vlnová délka světla, sin $\theta \approx \frac{a}{d}$, *a* je vzdálenost minima od středu difrakčního obrazce a *d* je celková vzdálenost štěrbiny od stínítka.

My jsme k měření použili laser o vlnové délce $\lambda = 633 nm$, vzdálenost d = 3730 mm.

Pro jednotlivá minima jsme naměřili $a_1 = 5 mm$, $a_2 = 9 mm$, $a_3 = 14 mm$.

Šířka štěrbiny nám vyšla $D = 0.46 \pm 0.04 \, mm$. Tuto hodnotu jsme ovšem neměli s čím porovnat, neznali jsme šířku štěrbiny, protože indikátorové hodinky ukazovaly nepřesně.



Obrázek 1: Závislost relativní intenzity I/I_0 na úhlu θ

Fraunhoferova difrakce na kruhovém otvoru

Princip je stejný, jako u difrakce na štěrbině. Opět používáme vztah

$$D = \frac{m\lambda}{\sin\theta}$$

ovšem za *m* dosazujeme pro minimum prvního řádu $m_1 = 1,22$, druhého řádu $m_2 = 2,23$ a minimum třetího řádu $m_3 = 3,24$.

Nyní jsme pracovali s hodnotami $\lambda = 633 nm$, d = 3810 mm a dostali jsme $a_1 = 5,5 mm$, $a_2 = 11,0 mm$, $a_3 = 16,0 mm$.

Vypočítali jsme hodnotu $D = 0.49 \pm 0.01 mm$. Hodnota naměřená mikroskopem je $D = 0.5 \pm 0.1 mm$.





Obrázek 2: Kruhový otvor a difrakční obrazec vzniklý za tímto otvorem

Fraunhoferova difrakce na difrakční mřížce

Difrakční mřížka je skleněná destička, do níž jsou vyryty rovnoběžné vrypy. Vzdálenost jednotlivých vrypů se nazývá mřížková konstanta *D*. U difrakční mřížky je difrakční obrazec pozorovatelný již při menší vzdálenosti od stínítka, nepoužili jsme tedy prodloužení vzdálenosti rovinnými zrcadly. Hlavní maxima jsou popsána rovnicí

$$D = \frac{m\lambda}{\sin\theta}$$

kde za *m* dosazujeme řád maxima.

Interferenční maxima jsme měřili při třech různých vzdálenostech mřížky od stínítka:

 $\begin{array}{cccc} d=150\ mm & d=305\ mm & d=396\ mm \\ a_1=54\ mm & a_1=124\ mm & a_1=54160\ mm \\ a_2=164\ mm & a_2=372\ mm & a_2=425\ mm \\ M \check{r}i\check{z}ková \ konstanta \ nám \ vyšla \ D=1,71\pm0,06\ \mu m, \ p\check{r}i\check{c}em\check{z} \ skutečná \ hodnota \ byla \\ D=1,67\ \mu m. \end{array}$

3 Měření vlnové délky laseru pomocí interference

Sestavili jsme si Michelsonův interferometr (viz obr. vpravo). Laserový paprsek ze zdroje Lnecháme dopadat pod úhlem 45° na polopropustné rozhraní v děliči svazku A (Abbého kostka). Paprsek se částečně odrazí (paprsek 1) a částečně projde (paprsek 2). Rovinnými zrcadly Z_1 a Z_2 vrátíme oba paprsky (1' a 2') do stejného místa na rozhraní v děliči svazku. Část 1' jím projde a část 2' se odrazí. Tyto dvě části paprsku jsou nyní fázově posunuté a interferují. Interferenční obrazec tvořený soustavou tmavých a světlých proužků je velmi malý, proto ho zvětšíme rozptylnou čočkou R, kterou vložíme mezi dělič svazku a stínítko.



Zrcadlo Z_2 je připevněno na posuvné zařízení. Posun zrcadla o $\Delta x = \lambda/4$ zkrátí dráhu paprsku 2 o $\lambda/2$ a celý obrazec se posune o šířku jednoho proužku. Zvolíme-li si na stínítku nějaký referenční bod a budeme-li počítat počet N proužků tímto bodem prošlých, můžeme určit vlnovou délku světla jako

$$\lambda = \frac{2\Delta x}{N}$$

Provedli jsme 5 měření, kdy jsme posouvali zrcadlo, dokud se interferenční obrazec neposunul o 20 proužků a poté jsme zjistili velikost posunutí zrcadla. Tímto způsobem jsme došli k vlnové délce $\lambda = 680 \pm 50 nm$. Skutečná vlnová délka laseru byla $\lambda = 633 nm$.

4 Shrnutí

Pomocí difrakčního obrazce se nám podařil změřit poloměr kruhového otvoru, šířku štěrbiny a mřížkovou konstantu difrakční mřížky. Dále jsme pomocí Michelsonova interferometru změřili vlnovou délku použitého laserového obrazce. Všechny výsledky přibližně odpovídaly skutečným hodnotám.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Daliboru Skoupilovi za jeho čas, předané vědomosti a trpělivost a všem organizátorům Týdne vědy, zejména panu Vojtěchu Svobodovi.

Reference:

návod k úloze Interference a difrakce světla

Jak neuvíznout v bažinách

Daniel Zejda, David Ondráček, Zdeněk Kunc

Úvod

Tenhle miniprojekt nás zlákal zajímavým názvem, pod kterým si lze představit širokou škálu možností, které nemusí vždy nutně souviset s exaktními vědami. Napěti očekáváním jsme se nakonec dozvěděli, že se jedná o programování a následné vyhodnocování údajů, které jsme díky teorii matic, generátorům náhodných čísel a znalosti *Markovových absorbčních řetězců* získali a následné porovnání s teoretickými hodnotami vypočítané spoustou matematických vzorečků. Doufali jsme v to, že se dozvíme spoustu zajímavých informací z oborů matematiky, statistiky, programování a dalších a vyzkoušet si tyto nové poznatky při kolektivní práci na větším projektu, který nám bude velkou motivací a v případě zvládnutí i zaslouženou hrdostí. Naše očekávání se splnila.

Markovův absorbční řetězec

je jím v matematice chápán takový řetězec, ze kterého vždy vede cesta do absorbujícího stavu přes translační stavy v konečném počtu kroků.

Studované konfigurace



C) Trojúhelník



Generátory náhodných čísel

Ke generování náhodných čísel jsme použili 3 generátory: Kiss, Xor a Lineárně kongruentní generátor. Testovali jsme jejich "náhodnost" a používali jak ty volně dostupné na internetu, tak i vlastnoručně naprogramovaný.

Princip simulace

Díky teoretickým znalostem nalezených prostudováním anglické wikipedie jsme byli schopni vytvořit matici pravděpodobnosti přechodů mezi jednotlivými stavy daných problémů, ty jsme poté implementovali do kódu, kde jsme je dále vyhodnocovali. Za pomoci náhodně generovaného čísla, z celkem tří generátorů, které jsme postupně testovali, jsme milionkrát nechali vypočítat ve kterém bodě průběh skončí a kolik kroků bude na toto potřebovat. Z těchto naměřených hodnot jsme dosazením do vzorců pro vypočítání odchylky získali potřebné údaje k jasnému rozhodnutí, že naše generátory byly dostatečně "náhodné" a výsledky se liší pouze o zanedbatelnou míru od matematicky vypočítaných předpokladů.

Ukázka ze zdrojového kódu, jak se pomocí kumulativních součtů a náhodně generovaného čísla určí, na základě pravděpodobnosti přechodu mezi dvěma stavy, následující stav

```
int random = RANDX();
for (int i = 0 ; i < nt + na; i+ +)
{
    if( i == 0)
    {
        probCumul[i] = prob[ i ];
    }
    else
    {
}</pre>
```

```
probCumul[ i ] = prob[ i ] + probCumul[ i - 1 ];
  }
}
Snew = 0;
for(int i =0; i < nt + na; i+ +)
{
  if ( random >= probCumul[ i ] )
  {
     Snew = Snew + 1;
  }
}
if(Snew \ge nt)
{
  S1 + = (j+1);
  S2 + = ((j+1)*(j+1));
  return(Snew - nt + 1);
}
S = Snew;
```

Experimentální část

A) Pravděpodobnost absorce Při výpočtech byl využit chi kvadrant test, který zjišťuje relativní odchylku od matematicky vypočítaných údajů, pro dané problémy

generátor	opilec	slovo	trojuhelník
KISS	0,76	x	0,83
XOR	0,49	х	0,14
LCG	0,85	Х	0,59

B) Střední doba pohybu

Při výpočtech byl využit z-skore test, který porovnává hodnoty průměrného počtu různých stavů před absorbcí a údajů z matematických výpočtů

generator	opilec	slovo	trojuhelnik
KISS	-0,32	-1,98	-0,29
XOR	0,97	0,29	2,97
LCG	0,8	2,03	0,82

Závěr

K testování pravděpodobnosti absorbce byl použit chi kvadrát test dobré

shody. Při něm jsou porovnány teoretické četnosti s experimentálně určenými.

$$\chi^{2} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(X_{i} - Np_{i})^{2}}{Np_{i}}$$

Při tom využíváme vztah:

,kde nk je počet příapadů. N je celkový počet experimentů. Pk jsou teoretické pravděpodobnosti. Provedli jsme milion pokusů, teoretické pravděpodobnosti jsme určili z matice B. Při testování jsme použili 5% hladinu významnosti. Výsledky jsou shrnuty v tabulce jako příslušné p hodnoty. Testování u úlohy se slovy nebylo využito, neboť má pouze jeden absorbční stav. Vzhledem k tomu, že všechny hodnoty v tabulce jsou vyšší, než 0,05, nemůžeme zamítnout hypotézu o shodě teoretických a experimentálních četnosí. To znamená, že všechny 3 generátory na uvedených 2 úlohů obstály. Dále byla testována střední doba pohybu po_přechodových stavech. Při tom jsme určili z-skóre ze

$$z: x_i \to \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}$$

vztahu: $\sigma(x)$,kde x průměrné je průměrem z milionu simulací, x teoretické je dáno vektorem t a směrodatná odchylka průměru je rovněž určena z experimentu. Výsledné hodnoty z-skóre jsou vedeny pro všechny 3 úlohy v tabulce. Kritické hodnota z-skóre při hladině významnosti 0,05 je rovna 1,960. K překročení kritické hodnoty došlo u každého generátoru pouze v 1 případě. Vzhledem k tomu, že hodnoty z-skóre jsou vždy menší než 3, nepovažujeme takové překročení za mimořádné.

Analýza sintru v Koněpruských jeskyních

Dušan Ondírko, Gymnázium F.V.Sasinka Skalica, Námestie slobody 3, <u>dusan.ondirko@gmail.com</u>

Jiří Moravec, Letohradské soukromé gymnázium, Václavské náměstí 1, jiri.moravec@lsg.cz Tomáš Rabas, Gymnázium, Praha 5, Nad Kavalírkou 1,

tomas.rabas@email.cz

Abstrakt:

Pomocí rentgenfluorescenčního analyzátoru XL3t jsme zjišťovali, zdali se v Koněpruských jeskyních v 15. století padělali stříbrné mince a nahrazovali se levnějšími měděnými. Hledali jsme stopy mědi usazené na stěnách při ohništích, kam se uvolňovaly při procesu výroby. Měření jsme provedli na několika místech v jeskyni, především v okolí ohnišť. Potvrdili jsme výzkum paleontologů z 60 let 20. století, který předpokládal penězokazeckou dílnu v severní části jeskyně, zvané Mincovna (Hejna 1958). Tímto měřením jsme zároveň vyvrátili výzkum z roku 2009, jehož závěrem bylo, že penězokazecká dílna byla v jižní nikoliv v severní části jeskyně (Pařízková 2009).

1 Úvod

Koněpruské jeskyně leží ve středních Čechách 7 km jižně od Berouna v chráněném území CHKO Český kras. Objeveny byly v roce 1950 a pro veřejnost zpřístupněny roku 1959. V Rámci našeho výzkumu jsme se soustředili pouze na část jeskynního komplexu zvanou Mincovna.

Cílem našeho projektu bylo potvrdit jeden z předchozích paleontologických výzkumů ohledně penězokazecké dílny v Koněpruských jeskyních. Na rozdíl od předchozího výzkumu z roku 2009, kdy bylo odebráno pouze devět menších vzorků, jsme prováděli měření pomocí přenosného rentgenfluorescenčního analyzátoru XL3t. Tato metoda analýzy je rychlá a nedestruktivní. Celkově jsme provedli přes 50 měření na různých místech v okolí obou ohnišť.

2 Rentgenfluorescenční analýza

Rentgenová fluorescenční analýza (RFA) je jednou z instrumentálních analytických metod, která umožňuje provádět nedestruktivní kvalitativní i kvantitativní analýzu zkoumaných objektů. Její princip je založen na buzení a detekci tzv. charakteristického záření X. Pokud je povrch téměř libovolného předmětu vystaven působení ionizujícího záření, dochází v ozařované oblasti k produkci záření X, přičemž energie tohoto záření odpovídá prvkovému

složení analyzovaného objektu. Při RFA není nutné odebírat vzorek a dokonce analýza může být provedena bezdotykově ze vzdálenosti několika milimetrů až centimetrů.

Obr.1: Princip fotoefektu

Aparatura určená k RFA obsahuje dva hlavní komponenty. Jsou jimi zdroj ionizujícího záření, například miniaturní rentgenka s maximálním urychlovacím napětím 30 kV a spektrometrický polovodičový detektor, který měří spektrum emitovaného charakteristického záření X. Záření dopadající na vzorek je ve vzorku částečně absorbováno, dochází k tzv. fotoefektu, nebo se na atomech vzorku rozptýlí. Při fotoefektu dochází k vyražení elektronu z některé vnitřní slupky elektronového obalu atomu fotonem záření X a volné místo se zaplní přeskokem elektronu z některé vnější slupky. Při vyrovnávání vazebných energií dojde k vyzáření kvanta energie, která je snímána detektorem.

Obr.2: Rentgenofluorescenční analyzátor XL3t
3 Výsledky

Celkově jsme naměřili více než 50 spekter v okolí obou ohnišť. Měření číslo 467 a jeho kontrolní měření č. 486 potvrdila měď obsaženou v sintru severní části Mincovny. Měření čísla 471 a 472, která se nacházela asi o metr od měř. č. 467, prokázala přítomnost mědi v sintru také (viz graf 1).



Graf 1: Naměřené spektrum č.467 v okolí severního ohniště

Měření číslo 433 stejně jako dalších 30 měření mimo oblast severního ohniště neprokázala měď obsaženou v sintru. Zajímavou okolností byla též přítomnost stroncia a manganu v některých měřených bodech na stěnách jeskyně (viz graf 2).



Graf 2: Naměřené spektrum č. 433 v okolí jižního ohniště

4 Shrnutí

Analýzou naměřených dat jsme prokázali přítomnost mědi pouze v severní části jeskyně, čímž jsme potvrdili dřívější paleontologické výzkumy ohledně penězokazecké dílny ve středověku.

Poděkování

Naše poděkování patří zejména naší supervizorce Haně Bártové a Lence Thinové za odbornou pomoc při organizaci miniprojektu, dále děkujeme FJFI ČVUT a taky správci jeskyně panu Komaškovi.

Reference:

- [1] Hejna A., Radoměrský P.: *Penězokazecká dílna v jeskyni Mincovna na Zlatém Koni u Koněprus,* Památky Archeologické, roč. 49, č.2, 1958, str. 513-558
- [2] Pařízková Iva, Říha Pavel, Kučera Václav: Byla v Koněpruských jeskyních skutečně penězokazecká dílna?, FJFI ČVUT, Sborník 2009, str. 97-100

Matematické modelování

Fyzikální vlastnosti materiálů

Laserová fyzika Fyzika v medicíně Elementární částice Optoelektronika Informatika a software

> Jaderná bezpečnost a ekologie



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického v Praze

Jaderná

chemie

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 <u>Kurzu z M a F pro přípravu ke studiu na technických VŠ</u> (od listopadu do března).

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENŔSKÁ 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 <u>založena</u> 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 <u>Aplikace přírodních věd</u>. 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 <u>vzdělání</u> 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.

<u>Výzkum</u> (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 <u>Studentská unie při FJFI ČVUT</u>. 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.