

Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2015

Týden vědy na Jaderce

Sborník příspěvků

14.-18.červen 2015



"Docto homini et erudito vivere est cogitare.." $FJFI\ \check{C}VUT$ (60let od založení FJFI $\check{C}VUT$)



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2015

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a





Slovo úvodem

Minulý rok jsem na tomto místě zmínil moje pozorování z posledních let, že očekávání a obavy jsou rok od roku stále výživnější. Energie této icebreakrové aktivitky mne letos málem porazila. Takže letos musím vyjádřit určitou obavu, kam to může dále spět :-).

Dále pokračuji tradičně telegraficky:

- Aktuální statistika vypadá takto: Letošní ročník tvořilo 29 komnat Pevnosti Břehyard, 46 miniprojektů, 15 exkurzí a 21 přednášek pro cca 146 studentů. Po minuloročním propadu jsme se dostali na tradiční objem TV co do počtu účastníků.
- Dovolte mi na tomto místě již podruhé poděkovat Kateřině Jirákové za její neocenitelnou pomoc při organizaci TV. Kateřina přivála do organizace TV ohromnou energii a uvolnila mi ruce k povymazlení této akce, za což jsem jí letos opět velmi vděčen. Doufám, že se nechá udolat do organizace TV i příští rok. Mohu-li takto skrytě poprosit účastníky, aby za toto lobovali, nechť tak učiní.
- Dále tradičně děkuji všem vedoucím komnat Pevnosti Břehyard, garantům úloh, přednášejícím, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty FJFI.
- Letos jsem se utvrdil v tom, že Pevnost Břehyard se stane integrální součásti Týdne vědy. Užil jsem si osobně hledání zářiče v autě a komnata Poplach byla velmi půvabná.

Doufám, že se budu moci za rok opět postavit před skupinu nadšených zájemců a začít 18. ročník TV@J a načít tím další, dospělou éru TV. Bude mi ctí. Takže na shledanou .

16. června 2015

S pozdravem, Vojtěch Svoboda

P.S. Letos bude sborník a CD snad do 11. hodiny. Postupuje to pěkně.

Očekávání	Obavy			
Uspávač hadů Svoboda				
 Zábava, týden si užiju rozšíření eboly věci naživo Sinkuleho kolej bude lepší než Strahov (Sk >=Sk) Pražáci Utužení vztahů mezi brňáky a cajzly 	 <u>Nuda</u> Strahov <u>Deadline (mrtvá linka; uzávěrka)</u> Sk < Sk Brňáci 			
 *přepsat očekávání do obav *přepsat očekávání na očekávané obavy 				
Seznámení se s vysokou školouSličné slečnySličné ženy zavolají	 Mužní muži Jak to bude s jídlem Prohraje (doháje) 			

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Týdne vědy 2015	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky	16
Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM (Ondřej Tinka, Jiří Löffelmann, Jakub Takáč)	16
Zaklady diagnostiky vysokoteplotniho plazmatu na tokamaku GOLEM II (Aneta Filipová, Veronika Čížková, Ronald Luc)	20
Malínský,Lukáš Ralidiak,David Koutný)	25 niel
Friedrich)	28
huta, Tereza Chytilová)	33
Kubíková)	37 41 45 /oitěch
Vrana)	49 52 56
Renc,Lucie Žilková,Petr Půlpán,Marek Baše)	60
Vondráček, Jiří Kotěšovec, František Couf)	64 67 71
Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích (Ondřej Havelka,Kamil Mu- druňka,Filip Komers)	75
Seifrt)	79
Bouček, Jakub Sláma)	83
Novotná,Lucie Švamberová)	88
lová, Jiří Štěpanovský, Jakub Dostál)	93 97

Elektronová mikroskopie v materiálovém výzkumu (Karel Vlachovský, Kristina Hakenová)	.04
Měření nanotvrdosti wolframu (Pavla Bérešová, František Zajíc, Veronika Deketová)1	.09
Simulace provozu JE typu PWR AP-600 (Marek Zimmel, Michal Filo, Tomáš Sedláček) 1	.12
Simulace provozu JE typu ABWR (Šimon Šindelář)	.16
Holografie (Ondřej Hladík, Vít Kabele , Jan Podloučka)	.20
Ozařování mincí (Denis Dusík, Simona Gabrielová, Rozalie Rakašová)	.24
Rozhodování strojů a za pomocí strojů (UI) (Martin Gaier, Martin Janoch) 1	28
${\bf Radioimunoanal \'yza} \ (\ {\rm Mark\'eta} \ {\rm Dole \v zalov} \'a, Vladim\'ir \ {\rm Luka\v cko}, {\rm Hanh} \ {\rm Ho} \ {\rm Thi} \ {\rm My}, {\rm Hieu} \ {\rm Ho} \ {\rm Trong}, {\rm Duy} \ {\rm Ho} \ $	
Nguyen Tuan, Veronika Peterková)	.32
Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj	
budoucnosti? (Dominika Jurdová, Tereza Bautkinová, Katarína Čičová) 1	.36
Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu (Natalie Živná,Kateřina Limburská,Jan	
$ m \check{S}ulc)$.41
Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE v CERN (Monika Robot-	
ková, Jan Dolejší) . .	.44
Studium podivných částic na experimentu ALICE (Václav Skála, Marek Raja, Eva Wo-	
hlgemuthová)	.48
Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie (Jiří Baran, Jiří Povolný)	52
Měření kosmického záření pomocí scintilačního detektoru (Lukáš Melcher ,Kamila	
Sedláková, Jakub Kolář)	156
Normální Zeemanův jev (Jana Hrnčířová, Vojtěch Novák, Ondřej Knopp)	.60
Základy ekonofyziky (Gabriela Špeldová, Tadeáš Boček)	.64
Generátor náhodných čísel založený na radioaktivním rozpadu (Petr Matouš, Petr Ho-	
tovec)	68
Měření spektra gamma záření scintilačním počítačem (Markéta Feiferová, Tomáš Jirsa, Marie	
Vránová)	.72
Jak elektron k náboji přišel (Lukáš Kuneš, Pavla Veselá, Markéta Kofroňová)	76
Po stopách Alberta Michelsona, Marina Mersenna a dalších (Jakub Dvořák, Kryštof	
Rydlo, Václav Mikeska)	.81
Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama (Šimon Pitro, Kateřina Kaprálová Anežka Sedmibradská)	00
Interference a obvb světla (Ladislav Valica Filip Kratochvíl Kateřina Kluková)	03
CO2 laser v kufříku (Jan Kolovecký Boris Kocián Josef Sýkora Voitěch Fišer)	96
Srážky světla na LHC (Michał Hostonský, Tomáš Jakubec, Martin Malý)	201
akulta jadorná a fyzikálně inžonýrské ČVUT	07



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2015

Program Týdne vědy 2015

• Neděle 14.6.

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 Pevnost Břehyard (Břehová celá)

• Pondělí 15.6.

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 16.6.

celý den Miniprojekty (příprava prezentace a sborníkového příspěvku) 18.00 Uzávěrka pro upload příspěvků do sborníku a prezentací na minikonferenci

• Středa 17.6.

9.00-10.30 Hlavní přednáška. (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 18.6.

8.00-9.30 Prezentace miniprojektů I (aula 103 a ostatní posluchárny Břehovky)
10.00-11.15 Prezentace miniprojektů II (aula 103 a ostatní posluchárny Břehovky)
12.15-13.15 Prezentace miniprojektů III (aula 103)
13.15 Závěr (aula 103)
13.45 Konec TV@J

Exkurze

- ÚJV Řež, a. s.
- UJF AV ČR, v.v.i., Řež u Prahy
- Leksellův gamma nůž
- Školní reaktor VR-1 Vrabec FJFI ČVUT
- Tokamak GOLEM I
- Tokamak COMPASS
- Prague Asterix Laser System
- Technické muzeum Praha
- $\bullet\,$ 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
- Thomayerova nemocnice radioterapie
- Ústav termomechaniky AV ČR

Seznam všech přednášek

- Ondřej Grover: Termojaderná fúze
- Ing. Tomáš Jakoubek: Jak zkoumáme strukturu hmoty v CERNu?
- Ing. František Batysta: Jak postavit nejintenzivnější laser na světě?
- doc. Ing. Miroslav Virius, CSc.: Pravda a lež ve fotografii digitálního věku
- prof. Ing. Edita Pelantová, CSc.: Prvočíselná dvojčata a jiné noční můry matematiků
- Ing. Petr Kolenko, Ph.D.: Synchrotron, struktura molekul a biologie
- doc. Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Chemie a záření
- RNDr. Jan Proška: Termoplazmonika: zlaté nanočástice a laser chirurgické nástroje 21. století
- Ing. Kamil Augsten: Urychlovače částic a experimenty s vysokými energiemi
- Ing. Anna Michaelidesová: Ionizující záření v medicíně

- prof. Ing. Jiří Limpouch, CSc.: Ultrakrátké intenzivní laserové impulsy aneb co se skrývá za projekty ELI A HiLASE
- doc. Mgr. Milan Krbálek, Ph.D.: Matematický siloměr na detekci sociálních interakcí
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- Ing. Lenka Heraltová, Ph.D.: Jaderné reaktory a jak to vlastně vše funguje
- Ing. Tomáš Bílý, Ph.D.: Jaderné reaktory blízké i vzdálené budoucnosti: Vyhořelé jaderné palivo současné trendy a možnosti
- Prof. Ing. Petr Kulhánek, CSc.: Zkoumáme raný vesmír
- prof. Ing. Igor Jex, DrSc.: Kvantové procházky
- doc. Ing. Irena Kratochvílová, Ph.D.: Nanodiamanty: od fyzikálních vlastností k aplikacím
- Ing. Eva Křováková: Nápady na síti inspirujte se
- Ing. Zuzana Čapková: Nápady na síti inspirujte se
- Studenti FJFI: Chcete něco zvědět o studiu na FJFI?

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Ing. Jaroslav Krbec: Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM
- Ing. Jaroslav Krbec: Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM II
- Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.: Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM
- Bc. Dagmar Kyselová: Měření kosmického záření
- Ing. Pavel Strachota, Ph.D.: Počítačová grafika pohled pod pokličku
- Ing. Kateřina Pachnerová Brabcová, Ph.D.: Jak chránit DNA před zářením
- Ing. František Batysta: Postavte si Nd:YAG laser
- Bc. Viktor Löffelmann: Mlžná komora
- Ing. Hynek Lavička PhD.: Počítačové simulace fyzikálních problémů
- Ing. Michal Němec, Ph.D.: Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití
- prof. Ing. Ivan Procházka, DrSc.: Čítání fotonů a jeho aplikace
- doc. Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice
- Ing. Jiří Martinčík, Ph.D.: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Tomáš Urban: Termoluminiscenční dozimetrie
- Mgr. Hana Bártová: Jak poznat dávku z barvy gelu?
- Doc. Ing. Ondřej Klimo, Ph.D.: Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích
- Ing. Tomáš Škereň, PhD.: Spektroskopie světelného záření
- Ing. Tomáš Oberhuber, Ph.D.: Počítačové simulace turbulentního proudění
- Ing. Petr Ambrož, Ph.D.: Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo
- Mgr. Michal Kozák: Matematický model vzniku skvrn na kožichu jaguára
- Ing. Josef Blažej, Ph.D.: Narušování symetrie v laserovém rezonátoru
- prof. Dr. RNDr. Miroslav Karlík: Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Ing. Jan Adámek: Elektronová mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Ing. Lenka Kocmanová: Měření nanotvrdosti wolframu
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu VVER-440
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE typu ABWR

- Ing. Marek Škereň, Ph.D.: Holografie
- Ing. Filip Fejt: Ozařování mincí
- Ing. Martin Plajner: Rozhodování strojů a za pomocí strojů (UI)
- RNDr. Ján Kozempel, Ph.D.: Radioimunoanalýza
- Ing. Filip Novotný, Ph.D.: Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?
- Mgr. Aleš Vetešník, Ph.D.: Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu
- Bc. Lukáš Kramárik: Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE v CERN
- Bc. Vojtěch Pacík: Studium podivných částic na experimentu ALICE
- Ing. Jan Aubrecht, Ph.D.: Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie
- Bc. Jindřich Lidrych a Bc. Marek Matas: Měření kosmického záření pomocí scintilačního detektoru
- Bc. Radek Novotný: Normální Zeemanův jev
- Ing. Jan Korbel: Základy ekonofyziky
- Ing. Jan Rusňák: Generátor náhodných čísel založený na radioaktivním rozpadu
- Bc. Renata Kopečná: Měření spektra gamma záření scintilačním počítačem
- Zbyněk Nguyen: Jak elektron k náboji přišel
- Bc. Roman Lavička: Po stopách Alberta Michelsona, Marina Mersenna a dalších
- doc. Ing. Rostislav Silber, CSc.: Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama
- Ing. Dalibor Skoupil: Interference a ohyb světla
- Ing. Filip Dominec: CO2 laser v kufříku
- Ing. Jaroslav Adam: Srážky světla na LHC

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek:

Paralelní přednášky v posluchárně 114

Předsedající: Stanislav Taborovec

8:00 Elektronová mikroskopie v materiálovém výzkumu

8:15 Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití

 $\boldsymbol{8:30}$ Po stopách Alberta Michelsona, Marina Mersenna a dalších

8:45 Ozařování mincí

 $9{:}00\,$ Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE v CERN

 $9{:}15\,$ Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

Paralelní přednášky v Aule 115

Předsedající: Iveta Zatočilová

8:00 Srážky světla na LHC

8:15 Jak chránit DNA před zářením

8:30 Základy řízení a diagnostiky plazmatu na tokamaku GOLEM

- 8:45 Simulace provozu JE typu ABWR
- $9{:}00$ Interference a ohyb světla
- 9:15

Paralelní přednášky v Aule 103

Předsedající: Jakub Talanda

- 8:00 Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama
- 8:15 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice
- $8{:}30\,$ Termoluminiscenční dozimetrie
- 8:45 Počítačové simulace turbulentního proudění
- $9{:}00\,$ Normální Zeemanův jev

 $\textbf{9:15} \hspace{0.1cm} \text{Koloidní zlato: tradiční rekvizita alchymistů v minulosti - sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?}$

Paralelní přednášky v posluchárně 10

Předsedající: Dominika Jurdová

10:00 Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu

- 10:15 Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- 10:30 Základy ekonofyziky
- ${\bf 10:} {\bf 45}~$ Měření spektra gamma záření scintilačním počítačem
- 11:00 Jak poznat dávku z barvy gelu?
- 11:15 Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích

Paralelní přednášky v posluchárně 114

Předsedající: Jiří Štěpanovský

10:00 Generátor náhodných čísel založený na radioaktivním rozpadu
10:15 Měření kosmického záření pomocí scintilačního detektoru
10:30 Spektroskopie světelného záření
10:45 Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM II
11:00 Měření nanotvrdosti wolframu
11:15 Čítání fotonů a jeho aplikace

Paralelní přednášky v Aule 115

Předsedající: Monika Robotková

10:00 Jak elektron k náboji přišel
10:15 Matematický model vzniku skvrn na kožichu jaguára
10:30 Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo
10:45 Narušování symetrie v laserovém rezonátoru
11:00 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
11:15 Simulace provozu JE typu VVER-440

Paralelní přednášky v Aule 103

Předsedající: Tomáš Malínský

10:00 CO2 laser v kufříku
10:15 Počítačové simulace fyzikálních problémů
10:30 Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM
10:45 Rozhodování strojů a za pomocí strojů (UI)
11:00 Postavte si Nd:YAG laser
11:15 Počítačová grafika - pohled pod pokličku

Paralelní přednášky v Aule 103

Předsedající: Pavla Bérešová

- 12:30 Holografie
- 12:45 Mlžná komora
- 13:00 Studium podivných částic na experimentu ALICE
- ${\bf 13:} {\bf 15}~{\rm M}$ ěření kosmického záření
- 13:30 Radioimunoanalýza

Paralelní přednášky v Aule 103

13:45 zakončení

Letošní TV je opět doprovázen CD.



Miniprojekt 'CO2 laser v kufříku', kde lze vidět účastníky vlastnoručně vybroušenou křemíkovou čočku umístěnou ve svazku (neviditelného) IR 20W laseru. Jelikož čočka má i poměrně silnou absorpci, znatelně se zahřála. Samotný laser je na pozadí umístěný v hliníkové konstrukci.

Diagnostika vyskoteplotního plazmatu na tokamaku Golem

Jiří Löffelmann, Jakub Takáč, Ondřej Tinka Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT; Břehová 7 - sklep jira.leflik@gmail.com, jakub.takac404@gmail.com, ondrej.tinka@gmail.com

Abstrakt:

Tento článek popisuje náš experiment na tokamaku GOLEM, při kterém jsme se snažili dosáhnout co nejvyšší elektronové teploty plazmatu. Několika výstřely s různými parametry jsme se snažili zjistit nejlepší nastavení parametrů pro tokamak, abychom dosáhli co nejvyšší teploty.

Úvod

V tomto článku popisujeme tři samostatné výstřely na tokamaku GOLEM. Naším hlavním cílem bylo spočítat elektronovou teplotu plazmatu při každém samostatném výstřelu a dosáhnout co nejvyšší teploty. Toho jsme se snažili docílit různými nastaveními parametrů na tokamaku.

Určování teploty plazmatu

Materiály a metody

Pro měření jsme používali Rogowského pásek, jedno-závitovou cívku, což byl vodič obmotaný kolem toroidální komory, malou cívku a fotodiodu. Rogowského pásek jsme osadili na komoru toroidu rovnoběžně s osou toroidu. Na něm jsme měřili časovou derivaci magnetického pole. Integrováním těchto výsledků jsme zjistili průběh proudu komorou. Na jedno-závitové cívce jsme naměřili průběh napětí v komoře.

První výstřel jsme provedli bez pracovního plynu. Poté jsme zkalibrovali Rogowského pásek připojený k osciloskopu s Rogowského páskem s daty z centrální databáze, které jsou již zkalibrované. Vydělením průběhu proudu a průběhu napětí jsme zjistili průběh odporu. Očekávali jsme odpor konstantní, ale naše očekávání se nenaplnilo. To bylo způsobeno indukčností Rogowského pásku – odpor se měnil v závislosti na derivaci proudu. Derivace proudu je konstantní v maximu, takže hodnotu odporu jsme zjistili tak, že jsme přečetli hodnotu odporu v čase, kdy byl proud na maximu. Na malé cívce jsme naměřili změnu toroidálního magnetického pole. Po integraci této hodnoty nám vyšla nezkalibrovaná magnetická indukce, kterou jsme se neobtěžovali kalibrovat.

Pomocí fotodiody namířené do komory tokamaku jsme měřili záření vzniklé při průrazu plazmatu. Veškeré tyto hodnoty jsme vykreslovali a upravovali v programu gnuplot. Díky znalosti odporu komory jsme při dalších výstřelech (při kterých již plazma vznikalo) mohli spočítat průběh proudu komorou. Ten jsme poté odečetli od průběhu celkového proudu plazmatem i komorou a tím jsme získali průběh proudu plazmatem. Ze vztahu:

$$T_e = (0,7 \frac{I_p(t)}{U_l(t)})^{\frac{2}{3}}$$

Jsme spočítali elektronovou teplotu plazmatu. V čitateli je funkce proudu plazmatem v závislosti na čase a ve jmenovateli je funkce napětí v závislosti na čase.

Kalibrace hodnot:





17

<u>Výsledky</u> První výstřel:



Pracovní plyn: Vodík

Tlak pracovního plynu: 4 mPa

Kondenzátory toroidálního magnetického pole nabity na: 1100 V Kondenzátory toroidálního elektrického pole nabity na: 600 V Zpoždění vybití kondenzátorů elektrického pole: 14 ms Nejvyšší teplota: 18,3 eV

Druhý výstřel:



Pracovní plyn: Vodík Tlak pracovního plynu: 4 mPa Kondenzátory toroidálního magnetického pole nabity na: 1000 V Kondenzátory toroidálního elektrického pole nabity na: 700 V Zpoždění vybití kondenzátorů elektrického pole: 13 ms Nejvyšší teplota: 17,86 eV

Třetí výstřel:



pracovní plyn: Vodík tlak pracovního plynu: 8 mPa Kondenzátory toroidálního magnetického pole nabity na: 1100 V Kondenzátory toroidálního elektrického pole nabity na: 600 V Zpoždění vybití kondenzátorů elektrického pole: 13 ms Nejvyšší teplota: 18.04 eV

Diskuse:

Z grafů vyplývá že nejvyšší elektronové teploty jsme dosáhli při prvním výstřelu. Nicméně je velice těžké z těchto výsledků vyčíst jaké je ideální nastavení parametrů. Jediné co se nám podařilo zjistit, je to, že tlak 4 mPa je asi nejlepší nastavení tlaku.

Shrnutí

Nejvyšší elektronová teplota, které se nám podařilo dosáhnout byla 18.30 eV. To by odpovídalo asi 212 000 stupňům Kelvina. Odpor komory jsme spočítali velice malý, pouze 0.01 Ohmu.

Poděkování

Děkujeme ČVUT za poskytnutí tokamaku a přilehlých prostor. Děkujeme panu Ing. Svobodovi a panu Krbcovi za pomoc s experimentem a za seznámení s tokamakem.

Základy diagnostiky vysokoteplotního plazmatu na tokamaku GOLEM

Ronald Luc, Čížková Veronika, Filipová Aneta

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

ron.norik@gmail.com, veronika.hjk@seznam.cz, anetafilipova22@gmail.com

Abstrakt

Práce představuje zpracování základních praktik na tokamaku GOLEM středoškolskými studenty. Měření zahrnuje odečet a následný výpočet základních parametrů. Cílem je přiblížit se referenčním hodnotám.

1 Úvod

Naším cílem bylo vlastnoručně zapojit (vypíšem), nakonfigurovat, reprezentovat a interpretovat data. Z naměřených údajů jsme měli vybrat 5 výbojů s nejvyšší teplotou plazmatu, kterou jsme sami museli určit pomocí odvození ze základních zjistitelných údajů (vypsat). Poté jsme nakonec měli porovnat naše hodnoty s odborně zjištěnými referenčními a průměrnými hodnotami.

2 Tokamak Golem

Typické zařízení na generaci a studium vysokoteplotního plazmatu. Jde o transformátor, jehož jediným sekundárním závitem (nakrátko) je vysokoteplotní - a tedy dobře vodivé - plazma. Plazma je uzavřeno ve vakuové nádobě tvaru teroidu, na které je navinuta cívka vytvářející prstencové (toroidální) magnetické pole. Základní princip fungování tokamaku je založen na aplikaci Maxwellových rovnic v integrálním tvaru.

3 Zapojení konfigurace

Osadili jsme tokamak základními diagnostickými prostředky (drát na měření napětí na závit, cívečka na měření toroidálního magnetického pole, Rogowského pásek pro měření I_p a fotodiodu s H_{α} filtrem). Vše jsme napojili na laboratorní měřící přístroj Papouch a zaznamenávali jsem jednotlivé diagnostiky. K výpočtům jsme museli zjistit celkový proud, napětí na závitu, odpor komory a konstantu (=0,7).



Graf č. 2



č. 4





Graf č. 1: Graf k zjištění z koeficientu porovnání našich dat z R. pásky. vůči raw datům.

Graf č. 2: Určení odporu v obvodu, na začátku dlíme nulou, na konci se projevila indukčnost, proto, abychom mohli zanedbat indukčnost komory, bereme hodnotu odporu v čase maxima proudu komorou - to jest v čase 8,8 ms => 0,01 Ω

Graf č. 3: Výpočet proudu plazmatu z proudu celé soustavy (plazma+komora), napětí závitu a odporu komory.

Graf č. 4: Centrální elektronová teplota je 7,5 eV = 87 000 K (1 eV 11 600 K) Graf č. 5: Graf s vyznačenou délkou výboje

4 Výsledky

Výboj č.	Délka výboje [s]	Maximální I plazmatu [A]	Max. elektronová T [K]
0	0,017	803	7,5
1	0,016	1908	13
2	0,023	369	5,4
3	0,022	1070	9,5
4	0,016	765	7,3

V tabulce jsou zaznamenány naměřené hodnoty, které jsme získali z měření průřezu výboje.

5 Shrnutí

Konfiguraci se nám podařilo zapojit správně kromě prohození polarity. Z mnoha výbojů z nichž ve většině případů došlo ke vzniku plazmatu. Ukázalo se, že jeho teplota se může velmi různit v závislosti na nastavených parametrech. Nejvyšší naměřená teplota byla 150 800 K. Námi naměřené hodnoty se shodovali s referenčními hodnotami. Všechny naše měření zapadají do běžných hodnot naměřených na tomto tokamaku.

Zdroje:

http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/TrainingCourses/KFpract/14/Basics/uloha13A.pdf http://buon.fjfi.cvut.cz/roperation/tasks/XXYYPROMO/Level_I/index.php

Zkoumání toroidální asymetrie elektronové teploty na tokamaku Golem

Tomáš Malínský(GEKOM Praha), David Koutný(SGO Olomouc), Lukáš Ralidiak(BGMH Sučany)

Abstrakt:

Cílem našeho výzkumu bylo zmeřit rozdíly v elektronové teplotě v různých místech komory a tím zjistit míru odchylky. Porovnávali jsme měření v odlišných místech i odlišnými přístroji. Data byla analyzována pomocí linuxového programu GNU Plot a zanesena do grafů. Z výsledků je patrné, že asymetrie v elektronové teplotě existují a jsou měřitelné.

Teorie:

Jak je již dnes známo, plasma i v relativně dokonalých podmínkách vykazuje nestability. Vědci zatím nepřišli na všechny příčiny těchto nestabilit a možnosti jejich řešení. K těmto jevům patří převším asymetrie tvarové. Z nich pak vyplývají i další, jako např. asymetrie elektronové teploty, odporu plasmatu či indukce. V našem výzkumu jsme se zabývali výhradně asymetrií teplotní. V dnešních fúzních reaktorech dosahujeme teplot až 500 000 000 K. Za takovýchto podmínek, je každý drobný rozdíl patrný.

Postup měření:



odvodili script pro výpočet elektronové teploty:

mkdir \$1

cd \$1

echo "set terminal jpeg;plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/\$1/papouch_ji' u 1:5 w l title 'B'''|gnuplot > /home/user/\$1/pap3.jpg

echo "set terminal jpeg;plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/\$1/papouch_ji' u 1:4 w l title 'Ic'''|gnuplot > /home/user/\$1/pap2.jpg

echo "set terminal jpeg;plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/\$1/papouch_ji' u 1:2 w l title 'Uz'''|gnuplot > /home/*user*/\$1/pap1.jpg

echo "set terminal jpeg;plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/\$1/tektronix3014' u 1:3 w l title 'B'''|gnuplot > osc3.jpg

echo "set terminal jpeg;plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/\$1/tektronix3014' u 1:4 w l title 'Ic'''|gnuplot > /home/user/\$1/osc2.jpg

echo "set terminal jpeg;plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/\$1/tektronix3014' u 1:2 w l title 'Uz'"|gnuplot > /home/*user*/\$1/osc1.jpg

echo "x=0;y=0;dx=2e-6;dy=20e-6;Cx=22e5;Cy=4404360;set terminal jpeg;set xrange [0.030:0.045];set yrange [-2:30];plot '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/ $1/papouch_ji' u (\1+0.0127):((-0.7*(((x=x+\4*dx*220000)+\2/0.01)\))*(2.0/3.0)) w l title 'Papouch', '< wget -q -O - http://golem.fjfi.cvut.cz/utils/data/$1/tektronix3014' u 1:((0.7*(((y=y+(\$4-0.0005)*dy*4404360)-\2/0.01)\))*(2.0/3.0)) w l title 'Osciloskop'''|gnuplot > /home/user/$

\$1/cet.jpg

cd ..

Výsledky:

Naše měření potvrdila předpoklad asymetrií v elektronové teplotě v různých částech komory, nicméně výsledky nemusí být úplně přesné. Díky nedokonale nastaveným AD převodníkům v osciloskopu a neidealním podmínkám mohlo dojít ke zkreslení dat.



Zde vidíte graf výstřelu číslo 19687, který si můžete dohledat na:





http://golem.fjfi.cvut.cz/operation/shots/19689/

Námi naměřené hodnoty můžete zpětně analyzovat nebo otestovat přiložený script. Pokud byste jej chtěli použít k analýze jiných výstřelů než 19680-19694 bude nutné změnit adresy dat a jiné parametry.

Závěr:

Podařilo se nám určit rozdíl mezi měřeními pořízenými osciloskopem a papouchem. Rozdíl se pohyboval mezi 5 a 12 eV. Avšak jeho příčinou mohly být částečně nedokonale nastavené AD převodníky v osciloskopu a neidealní podmínky.

Poděkování:

Rádi bychom poděkovali našim supervisorům Ing. Janu Krbcovi a Ing. Vojtěchu Svobodovi CsC. za veškerou pomoc a podporu v průběhu $\underline{TV@J}$ 2015 a všem ostatním, kteří se na organizaci $\underline{TV@J}$ podíleli.

Reference:

<u>http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/</u> <u>http://gnuplot.sourceforge.net/demo/bivariat.html</u> golem.fjfi.cvut.cz/shots/*cisloshotu*

Měření kosmického záření

D. Jochcová¹, M. Stejskal², M. Kozár³, M. Melčák⁴, D. Friedrich⁵

¹Wichterlevo gymnázium, Ostrava – <u>oxiiiii@centrum.cz</u>

²Gymnázium Litoměřická, Praha – <u>marek.sms@gmail.com</u>

³Bilingválne Gymnázium Milana Hodžu v Sučanoch – <u>Pcmania0059@azet.sk</u>

⁴Gymnázium Studentská, Havířov – <u>martin.melcak@seznam.cz</u>

⁵Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha – <u>1daniel.friedrich@gmail.com</u>

Abstrakt:

Cílem tohoto projektu bylo změření kosmického záření v závislosti na nadmořské výšce. Měření probíhalo v transportním letadle L - 410 Turbolet. Vystoupali jsme do maximální výšky 4708 m n. m.. Výsledkem naší práce bylo stanovení výšky, ve které je terestriální dávkový příkon nejmenší, určení závislosti dávkového příkonu na nadmořské výšce a další interpretace dat. Jako měřící techniku jsme použili detektor NB 3201.

1 Úvod:

Už v roce 1902 si fyzik Ernest Rutherford všiml, že se elektroskopy vybíjejí, i když jsou uzavřeny v pancéřovaném obalu. To znamená, že existuje nějaké záření, které vytváří v neutrálním vzduchu ionty způsobující samovolné vybíjení elektroskopu. Měřením se zjistilo, že toto záření přichází i z kosmu. Kosmické záření se skládá z primárních částic, jako například protonů, elektronů a těžkých iontů a sekundárních částic, například neutronů, fotonů, mionů a pionů. Primární částice při dopadu na atmosféru interagují s atomy v atmosféře a vytváří sekundární záření. Primární záření většinou nepronikne až na zem, zatímco sekundární pronikne. Kosmické záření dělíme na galaktické kosmické záření složené hlavně z protonů (přicházející z oblasti mimo Sluneční soustavu) a sluneční kosmické záření. Sluneční záření se dělí na dva druhy. První se skládá hlavně z elektronů o energii 2-100 keV a je méně škodlivé pro organismy než druhý typ, skládající se z protonů o energii nad 1 MeV. Naštěstí Slunce vyzařuje záření v cyklech, které jsme schopni částečně předvídat a varovat tak posádky letadel včas. Poslední druh kosmického záření jsou anomální svazky, které kvůli nízké energii jen zřídkakdy způsobují biologické poškození a nejsou pro dozimetrii leteckých posádek důležité.

2 Historie:

Díky objevu kosmického záření se podařilo vysvětlit samovolné vybíjení elektroskopu, ke kterému dochází v důsledku ionizace okolního vzduchu, ačkoliv je elektroskop stíněný

vrstvou olova. Za objasnění tohoto jevu se zasloužil rakouský vědec Viktor Hess, který v roce 1912 přes značné zdravotní potíže vystoupal s balónem plněným vodíkem do výšky přibližně 5,5 km a zjistil, že intenzita záření se zvyšuje s rostoucí nadmořskou výškou. Toto zjištění ho přivedlo k správnému závěru, že záření pochází obecně z vesmíru a nikoliv pouze ze Země, jak se dříve předpokládalo.

3 Měření:

Během dvou přibližně půlhodinových letů jsme měřili dávkový příkon pomocí scintilačního detektoru NB 3201, přístroj je zároveň vybavený GPS lokátorem, který v průběhu letu zaznamenával nadmořskou výšku. Dávkový příkon jsme měřili i těsně před startem letounu, pro lepší orientaci v získaných datech jsme zaznamenali čas startu letadla a čas přistání. Za kalibraci přístroje ručí společnost CERN – referenční pole CERF.



Závislost záření na nadmořské výšce

Kalibrační rovnice:

 $\dot{D} = a \times exp(h \times b) \ a = 8,36 \pm 0,04 \ b = 4,13 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-6}$



Dávkový příkon do 1000m n.m.

Kalibrační rovnice:

 $\dot{D} = a \times exp(h \times b) \ a = 106 \pm 3 \ b = -2,32 \times 10^{-3} \pm 4 \times 10^{-5}$



Dávkový příkon jednotlivého záření v závislosti na nadmořské výšce

Mapa GPS souřadnic prvního letu.



4 Shrnutí

Našim experimentem jsme ověřili, že dávkový příkon s rostoucí nadmořskou výškou nejprve klesá (v okolí letiště Příbram cca. do výšky 900 m n.m.), což je způsobené poklesem intenzity terestriálního záření ze Země, a dále s výškou roste (od výšky cca. 900 m n.m.) v důsledku převládajícího kosmického záření. Během prvního letu přístroje fungovali bezchybně, avšak při druhém letu nám v průběhu klesání vypadl GPS signál. Naše odchylka mohla být způsobena různými vlivy na elektronické zařízení (např. elektromagnetické pole leteckých přístrojů nebo otřesy během letu a přistávání). Pro zpřesn2ní výsledků experimentu by bylo vhodné provést více kalibračních letů, čímž bychom získali více dat k analyzovaní. Také by bylo vhodné vypočítat směrodatnou odchylku a odstranit extremní naměřené hodnoty.

Poděkování:

Tímto bychom rádi poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a celému organizačnímu týmu Týdne vědy za možnost uskutečnění tohoto projektu, zvláště pak našemu supervisorovi Dáše Kyselové, Lence Thínové za odvoz a Martinu Kákonovi za zpracování dat do mapy.

Reference:

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

[2] GERNDT, J a PRŮŠA, P..: Detektory ionizujícího záření ČVUT, 1996, pp. č. strany 182

[3] BOHÁČOVÁ, M. Kosmické záření: Od balonových detektorů k částicovým detektorům, VESMÍR 79. červenec 2000, č. stran 387-389

Počítačová grafika: pohled pod pokličku

T. Chytilová, J. Talanda, V. Lahuta - Masarykovo gymnázium Vsetín, L. Roškotová – Gymnázium Turnov

16. června 2015

Abstrakt:

Práce se zabývá využitím programu Blender pro modelování a fotorealistickou vizualizaci trojrozměrné scény.

1 Úvod

Počítačová grafika je součástí každodenního života. Setkáváme se s ní na ulici, při sledování televize, filmu i brouzdání po internetu. Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s modelováním 3D scény pomocí programu Blender, který v tomto oboru představuje profesionální řešení, a navíc je bezplatný a uživatelsky přátelský.

2 Modelování a zobrazování 3D scény

Cílem bylo vymodelovat scénu z náměstí, která kromě domů obsahuje kašnu s tryskající vodou, lavičky a městskou zeleň. Každý z nás si zvolil objekty, které zkonstruuje a ze kterých se nakonec složí výsledná scéna. Přestože jeden vytvářel dům, druhý kašnu a třetí z ní tryskající vodu, navzájem jsme si pomáhali a diskutovali o možném řešení.

V průběhu naší práce jsme přicházeli s novými nápady, a tak mohlo nad rámec původního plánu vzniknout i pouliční osvětlení, holubi a květiny. Můžete tak vidět rovnou dvě scény, denní a noční.

Modely domů a jízdního kola

Řešitel: Jakub Talanda

Pro všechny domy jsem použil stejný prostorový model, liší se pouze texturami. Kromě základních nástrojů jsem zde použil i funkci *boolean*, která umožňuje pracovat s objekty jako s množinami a provádět s nimi operace jako je průnik, sjednocení nebo rozdíl. Ten jsem použil k vytvarování podhoubí. Štíty a střechy jsem zakulatil prostřednictvím *magnetu*, ačkoli i zde by bylo možné použít *boolean*. Model jízdního kola jsem získal z internetu, kde model poskytovali k libovolnému použití.

Model stromu, tráva a voda

Řešitel: Václav Lahuta

Pro model stromu jsem zvolil postup běžný u herní 3D grafiky, která klade důraz na nenáročnost pro grafický procesor. Koruna je vějíř čtverců otočených od sebe o 45° s texturou průhlednou na okrajích. Tím je listí vidět ze všech stran a vypadá trochu i jako strom.

Trávu jsem tvořil pomocí částicového systému, který sám rozmístil stébla po celé ploše trávníku. Stačilo tak vymodelovat pouze několik stébel (aby nebyla všechna stébla stejná) a nastavit systém tak, aby výsledek připomínal trávu.

Vodu do fontány jsem tvořil s pomocí vestavěného fyzikálního *engine*, který dokázal spočítat realistický model tekoucí vody a přizpůsobit se relativně složitému tvaru kašny.

Model holuba, lavičky a květiny

Řešitelka: Lucie Roškotová

Vytváření těla holuba bylo založeno na lokální manipulaci s polygonální sítí objektu. Z obyčejné krychle, z které jsem vycházela, jsem pomocí základní funkce *extrade* a konečného upravení pomocí modifieru *subdivision surface* získala výsledný tvar těla. Ačkoli nohy holuba byly vytvořeny jako jiný objekt, princip tvorby byl totožný. Na tělo holuba byla poté aplikována textura peří.

Dále jsem se zabývala vytvořením lavičky a květin. Lavička je vytvořena ze dvou dřevěných kvádrů (desek) a její nohy ze zakřivených baziérových křivek, které dostaly lesklou kovovou texturu a pomocí nastavení *fill* na *full* se staly dutými. Květináč, ve kterém je jako buxus zasazena koule s příslušnou texturou, byl vytvořen také pomocí funkce *extrade*, podobně jako holub.

Model kašny a pouličních lamp

Řešitelka: Tereza Chytilová

Pro vytvoření mnohoúhelníkového tvaru kašny jsem použila předvolených krychlí a kruhů. Transformovala jsem je jak pomocí základních funkcí *extrude, scale* tak i přidáním modifieru *subdivision surface,* který umožňuje vyhlazení povrchu. Naopak nežádoucí vyhlazení jsem odstranila díky volbě *mean crease,* čímž se dá ovlivnit vzdálenost bodů, od kterých program počítá vyhlazení povrchu.

Díky nově nabytým znalostem a dovednostem bylo zkonstruování pouliční lampy snadné, avšak problémem zůstalo světlo jí vyzařované. V oblasti světla se musela lokálně změnit textura na průhlednou a dát dovnitř zdroj světla. Pro zjednodušení renderování tento zdroj osvětluje pouze lampu samotnou a pro osvětlení okolí jsme k povrchu svítilny umístili další zdroje světla.

3 Závěr

Během relativně krátké doby jsme vytvořili jednoduchý model náměstí a naučili se tak využívat základní funkce programu Blender (kromě Václava, který je už poněkud pokročilý). Výsledky naší práce jsou k shlédnutí níže. Věříme, že nám naše nově nabyté znalosti poslouží v budoucnu k dalšímu rozvoji v této oblasti.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat vedoucímu miniprojektu, Ing. Pavlu Strachotovi Ph.D., za trpělivost při zodpovídání našich otázek a celé FJFI za poskytnutí možnosti podílet se na tomto miniprojektu.

Reference:

[1] <u>http://www.blender.org</u>

Výsledky:








Jak chránit DNA před zářením

M. Fejfar¹, L. Kosová², K. Kubíková³, M. Strnadová⁴

¹Gymnázium Otakara Březiny 235, Telč 588 56
²Gymnázium Jiřího Ortena 932, Kutná Hora, 284 01
³Gymnázium Botičská 1, Praha 2, 128 01
⁴Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina, 010 08

¹m.fejfar@volny.cz, ²lucka.kosova@seznam.cz, ³kat.kub@email.cz, ⁴strnadova.m@zoznam.sk

Abstrakt:

Při ozáření DNA ionizujícím zářením může krom přímého poškození, kdy je energie absorbována molekulou DNA, dojít k nepřímému poškození vzniklými volnými radikály, jejichž negativní účinky mohou být omezeny tzv. vychytávači (scavengery). Náš cíl byl zjistit možné využití etanolu (vodky 40%) jako vychytávače. K zjištění stupně poškození DNA při využití různé koncentrace ethanolu jsme využívali metody agarózového elektroforetického systému s neutrálním pufrem. Z našich výsledků vyplývá, že ethanol (vodka 40%) má schopnost chránit DNA před nepřímými účinky ionizujícího záření.

1 Úvod

Nejzávažnější dopad ionizujícího záření je na DNA. V případě poškození dojde k fatálním následkům, neboť právě DNA je nositelem genetické informace, jiné látky (např. proteiny) jsou nahraditelné, DNA nikoliv.

Jsou dva možné typy účinku ionizujícího záření, a to přímé či nepřímé. Riziko přímého poškození, tedy ionizaci samotného DNA, je nevelké. V našem výzkumu jsme se zaobírali druhým typem, a to nepřímým poškozením. Nepřímé poškození je způsobeno ionizací vody a následným napadením DNA radikály. Účinek záření může z nepoškozené formy plasmidu bez zlomů (stočená) vytvořit plasmid kruhový s jedním jednoduchým zlomem na jednom vlákně, anebo lineární s jedním





dvojným zlomem na obou vláknech, viz obrázek 1.

Pokusíme se zjistit jaký vliv má ethanol na nepřímý účinek ionizujícího záření, tedy rozsah poškození plasmidu.

2 Experiment

Experiment proběhl v radiobiologické laboratoři Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky AV ČR pod vedením Ing. Kateřiny Pachnerové Brabcové, Ph.D.. S velkou pečlivostí a přesností bylo připraveno devět vzorků, na kterých následně proběhlo testování.

Metodika:

Připravili jsme si devět vzorků, obsahujících 50 ng nepoškozeného plasmidu pBR322 a 2 μ l fosfátového pufru draselného. Do osmi z nich jsme přidali různé koncentrace vodky, viz tabulka č. 1.

vzorek	vodka	obj c ethanolu (%)	
1	7 µl 40 obj%	20	
2	2.35 μl 40 obj%	10	
3	7 µl 4 obj%	2	
4	2.35 μl 4 obj%	1	
5	7 µl 0.4 obj%	0.2	
6	2.35 μl 0.4 obj%	0.1	
7	7 μl 0.04 obj%	0.02	
8	2.35 µl 0.04 obj%	0.01	
9	-	0	

Tabulka 1

Následně jsme vzorky ozářili zdrojem gama záření ⁶⁰Co dávkou 50 Gy ze vzdálenosti 268 mm na vzduchu za pokojové teploty.

K separaci jednotlivých forem plasmidové DNA dle rozsahu poškození jsme použili metodu agarózového elektroforetického systému s neutrálním pufrem. Tato metoda je založena na principu rozdílné pohyblivosti různě velkých nabitých molekul na gelu v elektrickém poli. Připravili jsme si 1% agarózový gel v TAE pufru pro elektroforézu s fluorescenčním barvivem SYBR Green I v poměru 1:10000.

Fluorescenční barvivo se po přidání vzorku s plasmidy naváže na DNA a umožní nám sledovat pod UV lampou její posun, viz obrázek 2.



Obrázek 2

Výsledky:

Práci jsme vyhodnotili za pomoci programu Luthien. Tento program se používá na analýzu dat, vyobrazení v grafech a vyhodnocení daných grafů.

číslo vzorku	koncentrace ethanolu (%)	stočený plasmid (%)	kruhový plasmid (%)	lineární plasmid (%)
1	20	73	19	9
2	10	72	18	10
3	2	68	22	10
4	1	69	23	8
5	0,2	49	42	8
6	0,1	40	54	7
7	0,02	11	79	9
8	0,01	11	83	6
9	0	5	89	6

Tabulka 2



Obrázek 3

Z grafu (obrázek 3) vyplývá, že ethanol chrání plasmidovou DNA před nepřímými účinky ionizujícího záření, přičemž k výraznému zvýšení ochrany dochází při koncentraci zhruba 0,02 %.

3 Závěr

Výsledek naší práce ukazuje, že ethanol snižuje možnost poškození makromolekuly DNA před nepřímými účinky ionizujícího záření, přičemž k evidentnímu nárůstu ochrany dochází při koncentraci zhruba 0,02 %.

Je nutné podotknout, že momentálně je tato metoda v praxi nevyužitelná, slouží pouze k vědeckým účelům. V budoucnosti by však mohlo být vodítkem k ochraně DNA proti ionizačnímu záření (př. jaderná katastrofa, ochrana kosmonautů ve vesmíru proti kosmickému záření).

Poděkování

Velký dík patří naší supervizorce Ing. Kateřině Pachnerové Brabcové, Ph.D. za seznámení s metodou agarózové elektroforézy, pečlivé vysvětlení tématu a příjemnou spolupráci, také Anně Michaelidesové za další informace k našemu tématu. Děkujeme i Ústavu jaderné fyziky AV ČR za umožnění práce v daném objektu. Také děkujeme kandidátu věd Vojtěchu Svobodovi za organizaci Týdnu vědy na Jaderce v Praze, jež nám umožnila obohatit se novými zajímavými vědomostmi.

Postavte si Nd:YAG laser

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

D. Holub, Gymnázium Slovanské náměstí, Brno holubdavid@gmail.com

M. Olšovský, Gymnázium Litoměřické, Praha 9 molsovsky@centrum.cz

Abstrakt:

Laser je speciální zařízení mající v dnešní době široké využití. V tomto miniprojektu jsme se seznámili s jeho problematikou a vyzkoušeli jsme si sestavení vlastního Nd:YAG laseru. Laser jsme provozovali v různých režimech, například Q-spínání nebo mode-lockingu.

1 Úvod

Teoretické základy laseru popsal už v roce 1917 Albert Einstein v jeho článku Zur Quantentheorie der Strahlung [1], avšak k sestrojení prvního funkčního zařízení došlo až roku 1960 Theodorem H. Maimanem. Název laser vychází z anglického Light Ampflication by Stimulated Emission of Radiation.

Laser se skládá z aktivního prostředí, rezonátoru a čerpání [2]. Čerpání v aktivním prostředí způsobí stav inverze populace – na vyšší energetické hladině je více elektronů než na základní. Tento stav umožňuje stimulovanou emisi záření, jehož směrovost je zajištěna přítomností rezonátoru.

2 Experimentální uspořádání

Cílem našich experimentů bylo postupné sestavení několika modifikací laseru s aktivním prostředím Nd:YAG.

Režim volné generace

Jako první jsme sestavili laser v režimu volné generace, při kterém laser svítí po celou dobu čerpání. Laser svítí na vlnové délce 1064 nm. Schéma je na obrázku Obr. 1.



Obr. 1: základní schéma

Laser se skládá z aktivního prostředí Nd:YAG čerpaného výbojkou a dvou zrcadel tvořících rezonátor, první má téměř 100 % odrazivost, druhé má odrazivost zhruba 18 %.

Pečlivě jsme nastavili zrcadla oscilátoru, abychom docílili co nejúčinnější generace laserového záření. Na obrázku Obr. 2 je zobrazen časový průběh záření v režimu volné generace.



Obr. 2: časový průběh režimu volné generace

Režim Q-spínání

Jako druhý v řadě jsme sestavili laser v režimu Q-spínání [3], který umožňuje generovat pulsy o velmi vysokém výkonu v řádu několika MW. Jako základ jsme použili náš první laser a doplnili jej o saturovatelný absorbér (Cr:YAG), jehož absorpce klesá s intenzitou světla. To znamená, že dojde k nahromadění energie v aktivním prostředí Nd:YAG a jejímu následnému vypuštění během několika nanosekund. Na obrázku Obr. 3 je zobrazen časový průběh záření v režimu Q-spínání. Naměřená doba pulsu byla přibližně 30 ns.



Obr. 3: časový průběh v režimu Q-spínání



Obr. 4: schéma při Q-spínání

Režim Q-spínání s generací druhé harmonické

V dalším experimentu jsme zkonvertovali zesílené záření do druhé harmonické v zelené oblasti spektra; frekvence se zdvojnásobila (vlnová délka se zkrátila na polovinu: 1064 nm→532 nm).

Generace druhé harmonické je proces z nelineární optiky [4], při němž záření interaguje s materiálem skrz nelinearitu druhého řádu. Pro účinnou generaci je navíc třeba splnit podmínku fázové synchronizace, v našem případě použitím anizotropním krystalu KDP.



Obr. 5: schéma při generaci druhé harmonické

Režim synchronizace módů (mode-locking)

Na závěr jsme vyzkoušeli generaci ultra krátkých pulsů za pomoci synchronizace módů [5]. Do rezonátoru jsme přidali akusto-optický modulátor (Obr. 7). V něm vzniká a zaniká difrakční mřížka s frekvencí 150 MHz, která způsobuje proměnlivé difrakční ztráty a tím dochází k preferenčnímu zesílení synchronizovaných módů, což má za následek generaci sledu ultra krátkých pulsů. Na obrázku Obr. 6 je zobrazen časový průběh záření v režimu synchronizace módů.





Obr. 6: časový průběh režimu mode-lockingu

Obr. 7: schéma při mode-lockingu

3 Výsledky

Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce Tab. 1. Při režimu volné generace mělo záření největší energii, ale nejmenší výkon. Největšího výkonu 3,6 MW jsme dosáhli při využití Q-spínání a zesilovače.

	Volná generace	Q-spínání	Q-spínání + zesilovač
energie [J]	0,1529	0,0310	0,1099
delka pulsu [ns]	0,0001	30,6400	30,6400
výkon [kW]	1,5288	1012,1625	3585,9471

Tab. 1: výsledky měření

4 Shrnutí

V miniprojektu jsme sestavili vlastní laser v několika modifikacích – režimu volné generace, Q-spínání, převedli jsme paprsek laseru na druhou harmonickou frekvenci a nakonec jsme

vyzkoušeli režim synchronizace módu. Se zapojeným zesilovačem a použitým Q-spínáním jsme dosáhli výkonu až 3,6 MW.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Ing. Františku Batystovi za uvedení do problematiky laseru a pomoc při jeho výstavbě. Dále bychom chtěli poděkovat Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a ostatním organizátorům za uspořádání Týdne vědy na Jaderce 2015.

Reference:

- [1] Einstein, Albert. "Zur quantentheorie der strahlung." *Physikalische Gesellschaft Zürich* 18 (1916): 47-62.
- [2] VRBOVÁ, Miroslava. Lasery a moderní optika. Praha: Prometheus, 1994. 474 s. ISBN 80-85849-56-9.
- [3] Q Switching. *RP Photonics Encyclopedia*[online]. Dostupné z http://www.rp-photonics.com/q_switching.html
- [4] Frequency Doubling. *RP Photonics Encyclopedia*[online]. Dostupné z http://www.rp-photonics.com/frequency_doubling.html
- [5] Mode Locking. *RP Photonics Encyclopedia*[online]. Dostupné z http://www.rp-photonics.com/mode_locking.html

Mlžná komora

D. Dobáš¹, J. Gara², M. Jelínek³, L. Nagy⁴, ¹Gymnázium Christiana Dopplera, Praha, ^{2, 3}Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha ⁴Gymnázium a SOŠZE, Vyškov ¹daviddobas@seznam.cz, ²honza.gara@gmail.com, ³miki.29@seznam.cz, ⁴ladislav.nagy@mensa.cz

Abstrakt:

Mlžná komora umožňuje pozorovat radioaktivní záření pouhým okem. Naším cílem bylo zpozorovat různé typy částic a různými metodami odvodit, o jaké částice se jedná. Pomocí Helmholtzovy cívky jsme na základě měření sestavili energetické spektrum kobaltu a porovnali jsme jej s tím očekávaným.

1 Úvod

Mlžná komora umožňuje spatřit ionizující záření v prostoru bez použití speciálních zařízení. Účelem našeho projektu bylo za pomoci mlžné komory pozorovat různé typy záření radioaktivních látek. Z trajektorií částic jsme následně chtěli určit jejich energii. Určili jsme i spektrum energie jednoho ze zářičů.

2 Historie

Vynález mlžné komory je připisován skotskému fyzikovi Charlesi Wilsonovi. S její pomocí chtěl původně zkoumat meteorologické jevy, avšak výsledky jeho pozorování byly úplně jiné. Spatřil totiž dráhy letících elektricky nabitých částic a umožnil tak objevy několika nových, tehdy neznámých. V souvislosti s mlžnou komorou bylo uděleno několik Nobelových cen, například právě C. Wilsonovi nebo C. D. Andersonovi, jenž učinil objev pozitronu a následně i mionu. Dnes jsou již pro zkoumání částic využívány nové metody s přímým výstupem do počítače, a tak se mlžná komora používá spíše jen minimálně.

3 Sestavení

Tělo komory může tvořit i sklenice od okurek. My jsme však použili krychli z plexiskla a jako dno posloužil měděný plech, skrz který snadno prochází magnetické pole. Na dně byla ještě umístěna černá izolepa pro lepší pozorování jednotlivých drah. Tato krychle nahoře obsahovala žlábek s pracovní kapalinou (izopropylalkoholem), která byla po zapojení ohřívána elektrickým obvodem. Celou krychli jsme položili na suchý led.

4 Princip

Princip mlžné komory spočívá v tom, že zahřívaná kapalina vytváří přesycenou páru. Obyčejně by pára po ochlazení zkondenzovala, avšak po vyčerpání všech kondenzačních jader (např. prach) dojde ke vzniku přesycené páry. V případě, že se do mlžné komory následně dostane elektricky nabitá částice, rozbíjí molekuly přesycené páry, které poté vytvářejí kapky. Tyto kapky pozorujeme v podobě stopy podobné např. té za letadlem.

V případě použití magnetu můžeme pozorovat některé další zajímavé jevy, neboť nabité částice pod vlivem magnetického pole mění svojí trajektorii. Díky tomuto jevu byl objeven i pozitron, jenž díky kladnému náboji mění směr letu na druhou stranu než elektron.

5 Postup a výsledky

Pro pozorování jé důležité tmavé prostředí. Poté už jen stačí baterkou svítit do komory a pozorovat ji ze stejného úhlu, aby byly stopy dobře vidět.

Nejdříve jsme se rozhodli vyzkoušet mlžnou komoru bez magnetu i bez zdrojů záření. I zde jsme pozorovali stopy, ale jen v minimálním množství.

Poté jsme již do komory umístili radioaktivní látky. Nejdříve jsme použili kobalt 60 a následně jsme vyzkoušeli i Cesium 137.

V komoře lze pozorovat následující typy záření:

Alfa záření

Jedná se o jádro helia. Účinně ionizuje, a proto vytváří silnou, avšak krátkou stopu.



Elektrony

Nejčastější pozorovaná částice. Tvoří úzké dlouhé stopy, které se magnetickém poli viditelně zakřivují.



Pozitron

Antičástice elektronu. Na obrázku je zřetelné opačné zakřivení oproti elektronu



Mion

Viditelný pouze zřídka. Rozpadá se na viditelný elektron a dvě neutrina.



Na závěr jsme kolem komory umístili Helmholtzovy cívky. Cívky indukují homogenní magnetické pole, jehož indukci B lze vypočítat pomocí vzorce:

$$B = (\frac{4}{5})^{3/2} \frac{\mu_0 nI}{R}$$

kde

Výsledkem bylo 5,5 mT, zatímco permanentní magnet dokáže vytvořit pole o velikosti až 190 mT (v malé vzdálenosti od magnetu). Nedokáží tedy vytvořit moc silné pole, ale i tak je můžeme použít pro výpočet energie částic.

Za tímto účelem jsme odvodili následující vzorec:



Graf ukazuje množství částic při dané velikosti energie. Přerušovaná čára ukazuje očekávaný průběh pro kobalt 60, jež končí na černé linii. Částice s vyšší energií, které se nacházejí za ní, mohou být např. součástí kosmického záření, nebo se jedná o nepřesnosti měření. Nejvíce by mělo být elektronů s energií 310 keV. Celkově naměřené hodnoty vcelku odpovídají těm očekávaným.

6 Shrnutí

Pozorovali jsme záření některých radioaktivních látek (především kobalt 60). Zjistili jsme, že dle očekávání se nejvíce objevovaly elektrony, ale i některé další částice, jako např. pozitrony, které mohly vznikat z gama záření kobaltu. Také jsme pozorovali částice, které s kobaltem nesouvisí, jako např. miony, které zřejmě byly součástí kosmického záření, nebo alfa částice, které pocházejí z radonu přítomného ve vzduchu.

Také jsme změřili energetické spektrum kobaltu, které odpovídalo očekávaným hodnotám. Poprvé v historii týdne vědy jsme k tomu použili Helmholtzovy cívky.

Poděkování

Poděkování patří především našemu supervisorovi Viktoru Löffelmannovi, který s námi s nesmírnou trpělivostí a ochotou pracoval na projektu a vysvětlil nám celou problematiku mlžné komory. Dále patří poděkování určitě celé FJFI, díky které jsme se mohli účastnit Týdne vědy a získat nové, velmi cenné zkušenosti.

Reference:

- [1] Přispěvatelé Wikipedie, *Cobalt-60*, *Wikipedia*, *The Free Encyclopedia*, 2015, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cobalt-60&oldid=657312724>
- [2] Přispěvatelé Wikipedie, *Helmholtz coil, Wikipedia, The Free Encyclopedia,* 2015, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cobalt-60&oldid=657312724>
- [3] V. Löffelmann, Mlžná komora, 2014 < http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora/>

Počítačové simulace fyzikálních problémů

V. Vrana¹, D. Hausner², O. Lomický², V. Hlinka³

¹Gymnázium Botičská, Praha 2 ²Gymnázium a SOŠ Plasy, Plasy ³Gymnázium Omská, Praha 10

> vochte@seznam.cz daniel.hausner@mensa.cz Ondrej.Lomicky@seznam.cz hlinkavl@outlook.cz

Abstrakt:

Tato práce se věnuje problematice pohybu nabité částice v poli magnetickém, popřípadě i elektrickém, a simulací výstřelu koule z děla. I v běžně používaném programu jako je Microsoft Excel lze dosáhnout velkého přiblížení k realitě, kde odchylka od ní závisí na velikosti jednotlivých kroků ve výpočtech.

1 Úvod

Počítačové simulace v nynější době umožňují výpočet složitých modelů, které nelze řešit analyticky nebo jen velmi obtížně. Tyto simulace dokáží v krátkém čase realisticky vyřešit daný problém. Tím v praxi umožňují např. v automobilovém průmyslu ušetřit značné množství finančních prostředků díky možnosti provádět různé simulace včetně crashtestů před samotnou výrobou.

Zabývali jsme se simulací Lorentzovy síly působící na elektricky nabitou částici v poli magnetickém a elektrickém a porovnáním trajektorie výstřelu z děla na Zemi a na Měsíci.

2 Metoda

2.1 Lorentzova síla

Simulaci jsme nejprve počítali Eulerovou metodou, jež vede k přibližnému výsledku, ale lze ji snadno provést v programu Microsoft Excel, a poté Adams–Bashforthovu metodu, která je mnohonásobně přesnější a kterou jsme použili ke grafickému znázornění složitějších trajektorií pohybu.

Síla působící na nabitou částici se vypočítá podle vzorce:

$$m * \ddot{\vec{x}}(t) = q(\vec{E}(x,t) + \vec{v}(t) * \vec{B}(x,t))$$

po rozepsání na síly ve směrech x, y, z:

$$m * \ddot{x}(t) = q(E_y(x,t) + v_y B_z(x,t) - v_z B_y(x,t))$$

$$m * \ddot{y}(t) = q(E_z(y,t) + v_z B_x(y,t) - v_x B_z(y,t))$$

$$m * \ddot{z}(t) = q(E_x(z,t) + v_x B_y(z,t) - v_y B_x(z,t))$$



Graf z programu Wolfram Mathematica 9 prezentuje výsledky analýzy kladně nabité částice pohybující se v homogenním magnetickém poli s indukcí ve směru osy z a ve stacionárním elektrickém poli $\vec{E} = (\cos(x); \sin(y); 0)$.

Trajektorie nabité částice závisí na intenzitě magnetického a elektrického pole, respektive na jejich časovém vývoji, na počáteční rychlosti částice a jejím náboji. Z grafu je patrná složitost trajektorie nabité částice, což vypovídá o obtížnosti ji udržet na daném místě – tento problém je třeba řešit při konstrukci zařízení, jako jsou třeba tokamaky.

2.2 Výstřel koule z děla na Zemi / na Měsíci

Simulovali jsme výstřel dělové koule na Zemi a na Měsíci a studovali odlišnosti. V úvahu jsme vzali hmotnost projektilu M vnější sílu \vec{F} , v našem případě gravitační sílu, odpor prostředí $\overrightarrow{F_{od}}$, který jsme vypočetli ze součinitele odporu C=0,5, kolmého průřezu projektilem $S=0,018 \ m^2$, hustoty ρ a rychlosti \vec{x} .

$$M\vec{x} = \vec{F} + \vec{F}_{od}$$
$$M\vec{x} = -m\vec{K} - \frac{1}{2}CS\rho|\vec{x}| * \vec{x}$$

Na obrázku níže je simulovaný rozdíl trajektorie, kterou je Torricelliho balistická křiva, při výstřelu se stejnou počáteční rychlostí $v_x = 100 \text{ }^{m}/\text{s}$, $v_y = 100 \text{ }^{m}/\text{s}$ a úhlem 45°. Na Zemi je



počítáno s odporem vzduchu a na Měsíci je odpor prostředí zanedbán vzhledem k velmi nízké hustotě atmosféry.

Vlivem nízké gravitace Měsíce a zanedbatelné hustoty atmosféry kolem něj bude dostřel děla umístěného na něm výrazně větší, stejně jako maximální výška.

3 Shrnutí

Na elektricky nabitou částici, která se pohybuje v magnetickém poli ve směru jiném než rovnoběžném s magnetickou indukcí, působí dostředivá Lorentzova síla, jež zaobluje její trajektorii, ale neovlivňuje rychlost. Nejjednodušší trajektorií je kružnice, dále pak šroubovice. Pokud je elektricky nabitá částice současně umístěna i v proměnném elektrickém poli, trajektorie může mít různý tvar připomínající například růžici.

Na Měsíci bude balistická křivka projektilu protaženější vlivem nižší gravitace a zanedbatelného odporu prostředí, tudíž projektil ve směru osy *x* doletí dál.

Poděkování

Chtěli bychom velice poděkovat FJFI ČVUT za uspořádaný Týden vědy v Praze, především pak našemu supervizorovi Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za poskytnutí techniky a zázemí. Dále garantovi našeho projektu Ing. Hynku Lavičkovi, Ph.D. a všem ostatním pořadatelům.

Reference:

[1] Lorentzova síla. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation,2001-[cit.2015-06-16].Dostupnéz:https://cs.wikipedia.org/wiki/Lorentzova_s%C3%ADla

[2] GRIFFITHS, D a Desmond J HIGHAM. *Numerical methods for ordinary differential equations: initial value problems*. x, 271 pages. ISBN 978-0-85729-147-9.

Parametry záření z laserové zubní vrtačky a její použití

F.Janda ČAG, České Budějovice Jandfi01@seznam.cz

Abstrakt:

Používání laserové zubní vrtačky a charakteristika jejích vlastností. Byla provedena interakce Er-YAG laseru s vzorky zubu, perforace 1.9mm zubní tkáně.

1 Úvod

Laserová technika má široké uplatnění v širokém spektru oborů včetně medicíny a průmyslu. V medicíně se laserové záření využívá například v očním lékařství, urologii i stomatologii. V rámci mého miniprojektu jsem charakterizoval různé vlastnosti v praxi používané zubní vrtačky. Systém se skládá z napěťového zdroje, termostatu, řídící jednotky a stojanu s laserem. Laserové zubní vrtačky mají oproti klasickým zubním vrtačkám tu výhodu, že nezpůsobují vibrace, které by se přenášely do jiných částí zubu, a tím jsou šetrnější a téměř bezbolestné.

2 Laser

Použitý Er:YAG (Erbium:Yttrium Aluminium Granát) laser patří mezi pevnolátkové lasery. Tyto lasery se skládají z laserové hlavice, chlazení a zdroje dodávajícího energii.

Laserová hlavice je složena z aktivního prostředí (Er:YAG krystal), xenonové výbojky a otevřeného rezonátoru. Otevřený rezonátor se skládá z dvou proti sobě přesně nastavených zrcadel, z kterých je jedno 100% odrazné a druhé má odrazivost nižší než 100%. (u této vrtačky 75%)

Er:YAG krystal generuje záření o vlnových délkách 2.94µm a1.56µm. Vlnová délka 2.94µm je ideální pro aplikaci v medicíně protože jeho absorpční koeficient v tkáni je vyšší než pro ostatní vlnové délky (hloubka průniku 2µm)



Obr.1. Závislosti absorpce záření ve vodě, hemoglobinu a melaninu na vlnové délce záření.

3 Experiment

V úvodní části experimentu byla poměřována nastavená energie s energií výstupní při různých nastaveních opakovací frekvence, viz obr.2



Obr.2 Závislost naměřené výstupní energie na nastavené energii pro opakovací frekvence 2 a 4 Hz.

Podle obrázku můžeme vidět, že nastavená energie neodpovídá výstupní, toto je nejspíše způsobeno stářím přístroje.(přibližně 15let)

Dále jsem změřil celkovou délku impulzu, která pro všechny nastavení energie při opakovací frekvenci 2Hz vyšla na 608µm (příklad na obr.3)



Z důvodu naměření hustoty energie jsme zaznamenali stopu záření na fotopapír, pro interakční energii 308mJ. Průměr stopy záření v ohnisku čočky byl 0.0334 cm, hustota energie byla vypočtena na 351J/cm². Odpovídající hustota výkonu byla 578 286 W/cm².

V druhé části experimentu jsem měřil počet pulzů potřebných na perforaci zubní tkáně o dané tloušťce. Tloušťka vzorku byla 1.9mm, vzorek byl tvořen dentinem. Pro perforaci při interakční energii 308mJ bylo potřeba 15 pulzů. Viz Obr. 4.5



Obr.4 otvor vytvořený vrtačkou

Obr.5 Celý vzorek zubu

Ve finální části experimentu jsem poměřoval efektivitu působení laserového záření na dentin vůči sklovině. Z důvodu vyššího obsahu vody v dentinu byl laser na dentin výrazně více účinný. Vysokému rozdílu v účinnosti pomohla i vysoká tvrdost skloviny. Odlišnost působení je vidět na obr.6



Obr.6 Fotografie perforované zubní tkáně. V horní části tvořené dentinem, spodní část tvořena sklovinou.

Závěr

Charakterizoval jsem různé vlastnosti v praxi používané zubní vrtačky. Systém se skládá z napěťového zdroje, termostatu, řídící jednotky a stojanu s laserem. Laserové zubní vrtačky mají oproti klasickým zubním vrtačkám tu výhodu, že nezpůsobují vibrace, které by se přenášely do jiných částí zubu, a tím jsou šetrnější a téměř bezbolestné.

Poděkování

Děkuji fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za možnost pracovat v jejich laboratořích a dále děkuji garantovi úlohy Ing. Michalu Němcovi Ph.D. za vedení při realizaci miniprojektu.

Reference:

- [1] VRBOVÁ, M. JELÍNKOVÁ, H. GAVRILOV, P. : Úvod do laserové techniky, ČVUT, 1998, pp.103-104.
- [2] SALEH, B.E.A. TEICH, M.C. : Základy fotoniky 3 MATFYZPRESS, 1994, pp.560-561

Čítání fotonů a jeho aplikace

R. Šípošová, Bilingválne slovensko-španielske gymnázium, Nové Mesto nad Váhom, Športová 41, raquelsiposova@gmail.com
A. Zymin, Škola Velvyslanectví RF v ČR, Krupkovo nám.1, Praha 6, anzymin@gmail.com
E. Yaroslavtseva, Gymnázium Jana Keplera, Parléřova 2, Praha 6, dmivit98@gmail.com

Abstrakt

Tato práce představuje metodu čítání jednotlivých fotonů, která umožňuje detekci světla po kvantech. Našim cílem bylo provést několik experimentálních pokusů a vyřešit pár úloh pomocí metody čítání jednotlivých fotonů. Provedli jsme měření indexu lomu skla, jeho tloušťky a vzdálenosti několika skel od sebe.

1 Úvod

Metoda čítání jednotlivých fotonů je založena na principu detekce kvant světla takzvaným kvantovým detektorem. Při měření touto metodou se jako zdroj fotonů využívá laser pracující v impulzním režimu. Schonost detekovat extrémně slabé signály úrovně jednotlivých fotonů umožňuje využití ve vesmírném výzkumu, při měřeních vzdáleností, při měřeních znečištění atmosféry, v astronomii, a v mnoha dalších oborech. Nevýhoda této metody spočívá v tom, že nemůžeme měřit rychle se měnící děje, protože potřebujeme provádět opakovaná měření pro získání potřebného množství dat. Výhodou je, že nám metoda umožnuje získat velice přesné výsledky (např. měření vzdálenosti Země-Měsic bylo provedeno s chybou 150 mikrometrů).

2 Princip

Jako zdroj záření jsme používali zelený laser o vlnové délce 532 nm, ze kterého vycházely krátké světelné impulzy o délce 600 pikosekund, jež byly následně zachytávány na detektoru. Pro detekci fotonů používáme detektor s křemíkovou lavinovou fotodiodou zapojenou v Geigerově módu (zapojenou v závěrném směru). V grafu 1 je znázorněna Volt-Amperová charakteristika pro lavinovou diodu. V propustném směru (forward bias) je proud ze začátku velmi malý, po překročení prahové hodnoty pak prudce stoupá. Lavinová fotodioda v námi použitém detektoru je



Obr. 1: VA charakteristika fotodiody

zapojená v zavěrném směru (reverse bias). V tomto stavu neprochází diodou žádný proud, až do okamžiku překročení průrazného (breakdown) napětí. Ani poté však při mírném

překročení průrazného napětí proud diodou neprochází, dioda je však v tomto režimu citlivá na jakýkoliv vzruch (signálový foton, termálně excitovaný elektron, foton z pozadí). Detekce fotonu spustí lavinový průraz, jehož výsledkem je velký proudový impulz, který můžeme detekovat.

3 Experimenty

Základem našeho miniprojektu byly 4 jednoduché experimenty, prováděné podle schématu na obr. 2. Laserové impulzy byly emitovány o frekvenci 10 kHz a použité bylo zelené





světlo o vlnové délce 532 nm. V okamžiku vyslání impulzu se spustil start měření času. Posléze se svazky fotonů odrazili od odrazného hranolu a dopadly na koutový odražeč, který odrazil svazek fotonů paralelně směrem k detektoru, který ho následně zachytil. To byl impulz stop pro zastavení měření času.

Měření indexu lomu

Pro řešení této úlohy jsme museli najít index lomu skla, které stálo mezi odrazným hranolem a koutovým odrážečem a zároveň mezi odražečem a detektorem. Po měření tloušťky skla jsme vyjádřili index lomu vstahem: $\eta = \frac{c}{v_e} = \frac{2d + \Delta tc}{2d}$, kde v_e je rychlost světla ve skle a d je tloušťka skla. Konečný vysledek vyšel: $\eta = 1.73$



Obr.3: Měření indexu lomu

Píky v grafu na obr. 2 odpovídají detekovaným fotonům z laseru a mají posunutá maxima o hodnotu Δt , danou rozdílem zpoždění optického svazku při měření se sklem a beze skla.

Měření tloušťky skla

Tato úloha byla v podstatě opakem k předchozímu experimentu. Používali jsme výše odvozený index lomu skla a s jeho pomocí jsme vyjádřili jeho tloušťku jako:

$$d = \frac{\Delta tc}{k-1}$$

Měření bylo provedeno poměrně přesně, chyba byla přibližmě $\Delta d \approx 0.3 cm$ oproti metrem určené vzdálenosti.

Měření vzdálenosti odrazných ploch

Toto měření je podobné měření vzdálenosti vrstev v atmosféře, kde se paprsek odráží od jednotlivých vrstev mraků a po částech se vrací zpět. Umožnuje nám to studium struktur a rozložení vrstev atmosféry. Pro simulaci vrsty atmosféry jsme použili několik sklíček. Vzdálenost mezi nimi jsme vyjádřili jako $s = 0, 5\Delta tc$, kde Δt je rozdíl časů dopadu fotonů z různých sklíček.



Obr. 4: Experimentální uspořádání pro měření odrazů

Výsledky měření jsou znázorněny na obrázku 5, kde první dva píky zleva odpovídají odrazům od skleněných ploch. Různá četost (velikost) v naměřených maximech odpovídá různé intenzitě odrazů.



Obr. 5. Graf měření vzdálenosti skleněných destiček

Měření světelného šumu

Našim posledním experimentem bylo měření šumu v místnosti a vliv intenzity dopadajících fotonů na fotodiodu. Rozebírali jsme 3 případy intenzity světelného záření. Když byl detektor nezastíněný, dopadalo na něj nejvíce fotonů a proto byla vyšší pravděpodobnost detekce na začátku detekčního okna. S rostoucím časem po otevření detekčního okna však v případě vysokého intenzity pravděpodobnost detekce exponencielně klesá. Když se množství dopadejících fotonů sníží, závislost se postupně stáva lineární a klesá pozvolněji, z čehož se dá usoudit, že pro dosažení výšší přesnosti měření je lepší slabší signál.



Obr.6. Měření světelného šumu

4 Shrnutí

V našem miniprojektu jsme se zaměřili na metodu čítaní jednotlivých fotonů a její aplikaci. Provedli jsme také serii měření a experimentů. V prvním experimentu jsme úspešne změřili index lomu skla, posléze určili tloušťku delšího skla a také jsme změřili jednotlivé vzdálenosti mezi skly. Nakonec jsme sledovali chování fotodiody při různé intenzitě světelného záření.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizačnímu týmu Týdne Vědy, našim supervizorům Ing. Pavlovu Linhartovi, Ing. Vojtěchu Michálkovi a prof. Ing. Ivanovu Procházkovi, DrSc., že nám věnovali svůj čas, za podporu a za to, že byli ochotní vysvětlovat nám některé věci hodně krát za sebou.

Reference:

- [1] VACEK M- MICHÁLEK V.: Photon counting altimeter and lidar for air and space borne applications
- [2] Wikipedie: https://cs.wikipedia.org/wiki/Single-photon_avalanche_diode
- [3] IVAN PROCHÁZKA, KAREL HAMAL, BRUNO SOPKO, JOSEF BLAŽEJ: Polovodičové detektory jednotlivých fotonů: příspěvek ČVUT k mezinárodním kosmický projektům

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

Jan Pokorný - Gymnázium Bučovice jenompokorny@gmail.com

Jan Kubát - Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora jan.kubat@studenti.gymkh.eu

Jakub Renc - Gymnázium Christiana Dopplera, Praha kuba.renc@gmail.com

Lucie Žilková - Střední škola logistiky a chemie, Olomouc pucka97@seznam.cz

Petr Půlpán - Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha <u>petpul@seznam.cz</u>

Marek Baše - Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha <u>marek.base@centrum.cz</u>

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo seznámit se s počítačovým algebraickým systémem Mathematica 10 a pokusit se pomocí něj simulovat konkrétní fyzikální situaci. Vytvořili jsme interaktivní simulaci jevu zvaného Fraunhoferova difrakce.

Úvod

Počítačové algebraické systémy (PAS nebo CAS z angl. Computer Algebra System) jsou počítačové systémy zpracovávající symbolické matematické výrazy. Jejich hlavním využitím je řešení matematických problémů, jako například řešení rovnic a nerovnic, zjednodušování výrazů, infinitezimální počet, vykreslování dvourozměrných i třírozměrných grafů. Pomocí PAS lze simulovat vývoj libovolného dynamického systému, animovat proměny vektorového pole nebo parametricky vyjadřovat křivky a plochy. PAS jsou využívány v rozličných oblastech lidské činnosti.

Příklady PAS

Mezi známé PAS řadíme například program Wolfram Mathematica, kterým se tato práce bude dále zabývat. Tento program je komerční. Stejně tak je komerční například program Maple, sloužící k podobným účelům. K volně dostupným řadíme například programy Maxima či Xcas. Mathematica však patří k těm nejlépe vybaveným.

Mathematica 10

K pětaadvacetiletému vyročí vzniku společnosti Wolfram Research byla uvedena nová verze programu Mathematica, který byl vytvořen na konci osmdesátých let Stephenem Wolframem a nyní patří k vůdčím počítačovým algebraickým systémům. Mathematica je využívána ve vědeckých kruzích i komerční sféře.

Mathematica snadno zvládne rozklad na mnohočlen...

```
In[2]:= Expand[(1 + x + y) (2 - x)^3]
```

```
Out[2]= 8 - 4x - 6x^2 + 5x^3 - x^4 + 8y - 12xy + 6x^2y - x^3y
```

...stejně jako vykreslení funkčních grafů.



Pomocí Mathematicy jsme naprogramovali obrazec vzniklý Frauenhoferovou difrakcí. Světlo prochází obdelníkovou štěrbinou, v programu lze měnit rozměry obdelníku a vlnovou délku světla.

Jev zvaný difrakce nastává, když světlo narazí na překážku (či štěrbinu) o rozměrech srovnatelných s jeho vlnovou délkou. V tomto případě vznikají na stínítku charakteristické "difrakční obrazce". Fraunhoferova difrakce konkrétně nastává, pokud je stínítko v dostatečně velké vzdálenosti od štěrbiny. Tato difrakce má tu výhodu, že má přesný matematický zápis pro průchod světla obdélníkovou štěrbinou:

$$\Psi = C \int_{a}^{-a} \int_{b}^{-b} e^{-ik(\theta_{x}x + \theta_{y}y)} dy \ dx = 4Cab \frac{\sin(\theta_{x}ka)}{\theta_{x}ka} \frac{\sin(\theta_{y}kb)}{\theta_{y}kb}$$

Tento zápis lze dále upravit na:

$$I = 16C^2 a^2 b^2 \left(\frac{\sin(\theta_x ka)}{\theta_x ka}\right)^2 \left(\frac{\sin(\theta_y kb)}{\theta_y kb}\right)^2$$

... kde I je intenzita světla v bodě θ , k je vlnové číslo (převrácená hodnota vlnové délky), a a×b jsou rozměry obdélníkové štěrbiny.

Po přepisu do jazyka Mathematica vypadá výsledek následovně:



Wolfram Alpha

Společnost Wolfram Research kromě programu Mathematica vyvinula internetový vyhledávač Wolfram Alpha, který je na rozdíl od běžných internetových vyhledávač schopen sám najít a zpracovat potřebná data dostupná na internetu. Výhodou Wolframu Alpha je, že nevyžaduje zápis ve speciálním jazyce. Do konzole lze napsat prostý dotaz, Wolfram Alpha většinou pochopí, co měl člověk na mysli.

Stejně jako Mathematica může Wolfram Alpha sloužit v rozdílných oblastech lidské činnosti. Wolfram Alpha dokáže řešit matematické, chemické a fyzikální úlohy, dokáže spočítat obsah alkoholu v krvi nebo předopovědět počasí.

Nevýhodou Wolframu Alpha je, že možnost využití všech služeb je placená. Verze Pro umožňuje například sledovat postup řešení matematických úloh nebo pracovat s funkčními grafy.

Shrnutí

Díky tomuto miniprojektu se nám dostalo nových zkušeností s programem Mathematica. Tato praxe nám může pomoci při řešení fyzikálních problémů v dalším studiu.

Poděkování

Děkujeme panu Dr. Ing. Milanu Šiňorovi za ochotnou pomoc se seznámením s počítačovými algebraickými systémy. Také bychom rádi poděkovali organizátorům Týdne vědy, především Ing. Vojtěchu Svobodovi, a panu děkanovi prof. Ing. Igoru Jexovi.

Reference:

WOLFRAM, S.: *The Mathematica;* University of Cambridge 1999 (4. vydání)
 Fraunhofer Diffraction. *Fraunhofer Diffraction* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: http://scienceworld.wolfram.com/physics/FraunhoferDiffraction.html

Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

J. Kotěšovec; Gymnázium Omská P. Vondráček; Gymnázium Kolín F. Couf; Gymnázium Christiana Dopplera V. Šafařík; Gymnázium a SOŠ Plasy Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT (jirkakotesovec@gmail.cz)

Abstrakt

Rentgenfluorescenční analýza je metoda na zjištění prvkového složení a jejich zastoupení ve vzorku. Naším úkolem bylo seznámit se s metodou a následně ověřit pravost dvacetikorunové mince měřením a porovnáním obsahů mědi a zinku s údaji České národní banky.

1 Úvod

Principem rentgenfluorescenční analýzy je využití fotoefektu. Foton záření dopadá na elektron v elektronovém obalu atomu. Elektron foton pohltí, což zvýší jeho energii. Je-li následně jeho kinetická energie vyšší než vazebná, dojde k oddělení a vymrštění elektronu z elektronového obalu. Poté musí atom doplnit vzniklou díru po elektronu, jinak by byl nestabilní. Jiný elektron z vyššího orbitalu zaplní díru, přičemž musí vyzářit přebytek své energie. Tento přebytek je charakteristický pro každý prvek, označuje se jako charakteristické záření a dá se podle něho určit, o jaký prvek se jedná.



Obrázek. 1: Fotoefekt

2 Měření Aparatura

Aparatura se skládá ze dvou částí. Rentgenky, na které je napětí 30 kV a proud 0,5 μ A, a detektoru na zaznamenávání energie a počtu impulzů. Celá aparatura nemusí být odstíněna, ale musí se brát v úvahu rozptýlené záření. Naměřené údaje jsou zaznamenávány v elektronické podobě do počítače. Před samotným měřením je potřeba provést tzv. energetickou kalibraci.

Energetická kalibrace

Pro energetickou kalibraci jsme použili kalibrační destičku, u které jsme znali předem její složení. V tabulkách jsme nalezli hodnoty čar charakteristického záření obsažených prvků a sestavili kalibrační křivku. Spočetli jsme kalibrační rovnici, která určuje závislost energie na čísle kanálu. Touto rovnicí jsme následně kalibrovali ostatní měřená spektra.

Kvantitativní kalibrace

Jelikož naším úkolem bylo zjistit množství prvků v minci, museli jsme provést kvantitativní kalibraci, která je nutná pro určení množství prvků ve vzorku. Použili jsme čtyři mosazné standardy se známým poměrem mědi a zinku. Ze vztahu mezi poměrem ploch píků a procentuálním zastoupením obou prvků ve vzorcích jsme vytvořili rovnici pro kvantitativní kalibraci. Z toho se poté dal vypočítat poměr mědi a zinku ve dvacetikoruně.



Obrázek 2 Křivka charakteristického záření

Výsledky

Do tabulky jsme napsali obsahy mědi a zinku v kalibračních standardech. V posledním sloupci je složení dvacetikoruny, které jsme zjistili z kvantitativní rovnice ve znění $y=0,0089x^2+1,2738x+0,0425$, kde x je poměr ploch píků mědi ku zinku. Podle údajů České národní banky měl vyjít obsah mědi 75 % a zinku 25 %. Nesrovnalost v našem měření může být způsobena opotřebením mince či nerovností měřeného povrchu.

Vzorek	300B	301B	302B	303B	20 Kč
Měď	53,4 %	65,8 %	75,7 %	84,6 %	73,6 %
Zinek	46,6 %	34,2 %	24,3 %	15,4 %	26,4 %

Tabulka 1 Složení kalibračních standardů

3 Shrnutí

Naše měření ukázalo, že dvacetikoruna námi měřená byla pravá. Při pokusu nebyla nijak poškozena, což je jedna z hlavních výhod této metody. Během našich experimentů jsme vyzkoušeli i mnoho jiných předmětů a zjistili jsme jejich prvkové složení. Mimo jiné kus betonu, dlažební kostku, stříbrný náhrdelník a odznáček poháru děkana FJFI.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat hlavnímu organizátorovi Týdne vědy Ing. Vojtěchu Svobodovi. Taktéž bychom chtěli poděkovat našemu ctěnému vedoucímu miniprojektu Ing. Jiřímu Martinčíkovi, za profesionální přístup a pomoc při vypracování. Důležitý dík patří všem restauracím v okolí ČVUT a to především tedy síti prodejen kuřecího masa KFC.

Termoluminiscenční dozimetrie

Jan Petrášek¹, Iva Brátová², Kristýna Šrámková³ ¹ SPŠSE České Budějovice, <u>honzapetrasekb@gmail.com</u> ² Gymnázium Trutnov, <u>iva.bratova@gmail.com</u> ³ Gymnázium Dobříš, <u>kr.kikina@seznam.cz</u>

Abstrakt:

V článku je vysvětlen princip termoluminiscenční dozimetrie. Pracovali jsme s dozimetry typu TLD-1000, které byly ozářeny dávkami 0 – 6 Gy na ozařovači GammaCell 220. Měření probíhalo na readeru Harshaw TLD 3500. Na základě měření známých dávek a sestrojení kalibrační křivky jsme určili neznámou dávku.

1 Úvod

Termoluminiscenční dozimetrie (dále jen TLD) je metoda určení dávky, kterou přijalo těleso od zdroje ionizujícího záření. Tato metoda využívá jevu termoluminiscence. TLD se využívá v lékařství (radiodiagnostika, radioterapie), k osobní dozimetrii, dozimetrii životního prostředí, atd.

Cílem bylo seznámit se s TLD a určit neznámou dávku záření, které byl vystaven dozimetr.

2 Princip termoluminiscence

Termoluminiscence je jev, kdy těleso po ozáření a následném zahřátí vyzařuje viditelné světlo. Množství tohoto světla je do jisté míry úměrné energii, kterou těleso přijalo od zdroje ionizujícího záření.

Fyzikální vysvětlení termoluminiscence vychází z tzv. pásového modelu pevných látek, viz Obrázek 1. Energie ionizující záření je přijata elektronem, a pokud je tato energie vyšší než vazebná energie elektronu, tak je elektron vytržen z valenčního pásu a přejde do vodivostního pásu, kde se může volně pohybovat. Ve vodivostním pásu má elektron vyšší energii, a protože vše spěje ke stavu s nejnižší energií, tak po čase se elektron vrací zpátky do valenčního pásu. Elektron při navrácení přechází přes zakázaný pás, ve kterém se nacházejí elektronové pasti, ve kterých se některé elektrony zachytí. Elektronové pasti jsou způsobeny nepravidelnostmi v krystalické mřížce, např. vakance, příměs.

V zakázaném pásu se nacházejí ještě luminiscenční centra. Po zahřátí látky a uvolnění elektronů z elektronové pasti zpět do vodivostního pásu může následně elektron přejít

do valenčního pásu přes luminiscenční centra a předat jim část své energie. Tuto energii luminiscenční centra vyzáří jako viditelné světlo.



Obrázek 1 – Pásový model pevných látek

3 Materiály a metody

Při práci jsme použili dozimetry typu TLD-1000, což je fluorid lithný LiF aktivovaný hořčíkem Mg a titanem Ti, viz Obrázek 2.



Obrázek 2 – Dozimetry typu TLD-1000

Tyto dozimetry jsme rozdělili do pěti skupin po sedmi kusech a každá skupina byla ozářena jinou dávkou na přístroji GammaCell 220 (Obrázek 3). První skupina zůstala neozářená, druhá – 2 Gy, třetí – 4 Gy, čtvrtá – 6 Gy a poslední pátá skupina byla ozářena neznámou dávkou.

Dozimetry jsme vložili do TLD readeru Harshaw TLD 3500 (Obrázek 4). K zahřívání dozimetrů se použila kovová destička ohřívaná odporovým tělískem až na 260 °C. Světelný

signál byl zachycen a zesílen fotonásobičem. Počítač signál vyhodnotil a vykreslil TL-odezvu. Hodnoty TL-odezvy jsme dále zpracovali.



Obrázek 3 – Ozařovač GammaCell 220



Obrázek 4 – TLD reader Harshaw 3500

Před použitím bylo nutné TLD reader zkalibrovat a kalibraci každých deset měření opakovat. Z každé skupiny vzorků jsme vypočítali aritmetický průměr a tyto hodnoty vynesli do grafu, viz Obrázek 5. Body grafu jsme proložili tzv. kalibrační křivkou. Z rovnice této křivky jsme vypočetli hodnoty dávky, kterou byla ozářena pátá skupina.



Obrázek 5 – Kalibrační křivka

Hodnota neznámé dávky vypočtené pomocí vzorce je 2,85 Gy, s nejistotou určení 0,14 Gy. Relativní chyba je 4,9 %. Neznámá dávka je označena na grafu (viz Obrázek 5) červeným trojúhelníkem.

4 Shrnutí

Naučili jsme se a vyzkoušeli si principy termoluminiscenční dozimetrie. Na přístrojích jsme změřily dávky záření, které jsme následně zanesli do grafu a tyto body proložili kalibrační křivkou. Na základě této křivky jsme určili velikost neznámé dávky, kterou byla ozářena pátá skupina dozimetrů. Velikost dávky byla 2,85 \pm 0,14 Gy, tj. relativní odchylka 4,9 %.

Poděkování

Děkujeme panu Ing. Tomáši Urbanovi za konzultace, vedení projektu a dohled. Dále děkujeme FJFI za uspořádání "Týdne vědy".

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?

V. Brož* I. Zatočilová** I. Žižka*

* Gymnázium Christiana Dopplera, Zborovská 45, Praha 5 ** Gymnázium Jiřího Ortena, Jaselská 932, Kutná Hora

ivan-zizka@seznam.cz

Abstrakt:

Vyrobili jsme Frickeho gelové dozimetry s xylenovou oranží, které jsme následně vystavili různým dávkám záření. U ozářených gelových dozimetrů jsme pomocí spektrofotometru vyhodnotili změnu barvy v závislosti na dávce ionizujícího záření. Připravili jsme dvě sady gelových dozimetrů, z roztoků připravených dříve a z nových roztoků, naměřené hodnoty při stejných dávkách záření jsme porovnali.

1 Úvod

Dozimetrie je oblast fyziky zabývající se vlastnostmi ionizujícího záření, veličinami charakterizujícími procesy vzniku a interakce ionizujícího záření s látkou a metodami měření těchto veličin. K měření dávek ionizujícího záření se využívá dozimetrů. Dozimetr funguje na principu změn vlastností látky v něm obsažené.

K našemu měření jsme používali gelový dozimetr.

Gelové dozimetry

Gelové dozimetry jsou součástí skupiny integrálních chemických dozimetrů zaznamenávajících dávku za určitý čas. Jejich výhodou je objemové rozložení dávky a tedy možnost nakumulovanou dávku pozorovat ve 3D. Gelové dozimetry dělíme do dvou hlavních skupin na polymerní a radiochromní.

Polymerní gelový dozimetr se skládá z látek citlivých na ozáření, které polymerují v závislosti na obdržené dávce. Radiochromní dozimetry pak úměrně k obdržené dávce mění svoji barvu.

Frickeho gelový dozimetr s xylenovou oranží (FeXO) patří do skupiny radiochromních dozimetrů. FeXO dozimetr obsahuje roztok síranu železnatého, který po ozáření nebo vystavení teplu, kyslíku či světlu, oxiduje z železnatých kationtů (Fe²⁺) na železité kationty (Fe3+) a tyto ionty pak tvoří s xylenolovou oranží Fe³⁺⁻xylenol komplex. Koncentrace tohoto komplexu je přímo úměrná absorbované dávce a může být stanovena spektrofotometricky.

2 Experiment

Do osmi kyvet jsme si připravili Frickeho gelový dozimetr s xylenovou oranží. Připravili jsme si roztok A, 1 mM roztok Mohrovy soli a 50 mM roztok kyseliny sírové, roztok B, 2,5 mM roztok xylenové oranže a roztok C, 10% roztok želatiny. V kádince jsme namíchali 25 ml směsi z 12,5 ml roztoku A, 1 ml roztoku B a 11,5 ml roztoku C. Výsledným roztokem jsme naplnili kyvety a připravené dozimetry nechali 15 minut v ledničce ztuhnout.

Druhou sadu Frickeho gelových dozimetrů s xylenovou oranží jsme připravili z již namíchaných roztoků.

Dozimetry jsme ozařovali zdrojem ionizujícího záření Gammacell 220, který obsahuje izotop ⁶⁰Co. Dávkový příkon k 15. 6. 2015 jsme určili na 47,13 Gy/hod. Jednotlivé dozimetry jsme ozařovali v časových intervalech po čtyřech minutách, přičemž jsme první z dozimetrů ionizujícímu záření nevystavili a poslední dozimetr byl ozařován 28 minut.

Pomocí spektrometru Helios Beta jsme změřili absorpční spektra a absorbanci jednotlivých vzorků.



Obr. 1 Frickeho gelové dozimetry s xylenovou oranží ozářené různými dávkami ionizujícího záření

Výsledky

Absorpční spektra dozimetrů vystavených dávkám 0 Gy, 9,42 Gy a 87,92 Gy jsme měřili spektrometrem v intervalu od 350 nm do 700 nm. V grafu na obr. 2 je zobrazena závislost absorbance na vlnové délce pro dozimetry připravené ze starších roztoků. Obr. 3 zobrazuje závislost absorbance na vlnové délce pro dozimetry připravené z čerstvých roztoků.

Při vlnové délce 578 nm jsme změřili absorbanci všech dozimetrů připravených z čerstvých roztoků. Výsledný graf je zobrazen na obr. 4.



Obr. 2 Absorpční spektrum Frickeho dozimetrů s xylenovou oranží připravených ze staršíčh roztoků


Obr. 3 Absorpční spektrum Frickeho dozimetrů s xylenovou oranží připravených z čerstvých roztoků



Obr. 4 Závislost absorbance Frickeho dozimetrů s xylenovou oranží připravených z čerstvých roztoků při 578 nm na dávce

Diskuse

Z naměřených absorpčních spekter vyplývá, že při použití starších roztoků jsou výsledky neobjektivní. To je způsobeno oxidací železnatých kationtů v již dříve připraveném roztoku Mohrovy soli. Oxidace železnatých kationtů je iniciována jednak ionizujícím zářením, ale i teplem a světlem, kterému byl roztok vystaven. U čerstvých roztoků se oxidace železnatých kationtů iniciovala až při vystavení dozimetrů ionizujímu záření.

Z grafu závislosti absorbance na dávce vyplývá, že tato závislost je téměř lineární.

3 Shrnutí

Z výsledků našich měření je zřejmé, že stáří roztoků použitých na přípravu Frickeho gelových dozimetrů s xylenovou oranží má vliv na kvalitu dozimetrů a tudíž i na správnost výsledků. Jejich zkreslení je způsobeno oxidací železnatých kationtů v Mohrově soli. Starší roztoky tedy nelze pro přípravu dozimetrů použít.

Poděkování

Děkujeme supervizorce Mgr. Haně Bártové za vedení miniprojektu a cenné rady. Děkujeme FJFI ČVUT za pořádání Týdnu vědy.

Reference:

Materiály poskytnuté v rámci týdnu vědy: Návod k úloze – Jak poznat dávku za barvy gelu?

Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích

F. Komers*, K. Mudruňka**- Gymnázium Dašická Pardubice

O. Havelka***- Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325

*filip.komers@email.cz

**kamil.mudrunka@tiscali.cz

***ondra10ax@centrum.cz

Abstrakt

Seznámení se zákonitostmi laseru a urychlování nabitých částic. Následná simulace impulsů laseru, který urychluje elektrony na vysoké rychlosti za pomoci jevu wakefield ("brázda"), v prostředí plazmatu a s předem zvolenými parametry. Pro velmi přesné simulace jsou zapotřebí složité výpočty, k čemuž nám pomůžou superpočítače s obrovských výpočetním výkonem.

1 Úvod

Práci jsme prováděli v systému Linux v simulačním programu Epoch a vykreslovacím programu Visit. Zkoumali jsme zde chování elektronů v plazmatu při průchodu laserového impulsu. Při tomto jevu se vytvoří těsně za impulsem bublina (oblast bez elektronů) a wakefield ("brázda"), který elektrony urychlí na vysokou rychlost. Wakefield je útvar vytvořený z vrstvy o vysoké hustotě elektronů. Nejdříve se elektrony spojí za laserovým impulzem a uzavřou bublinu a následně část těchto elektronů se dostane dovnitř bubliny a dochází k jejich urychlení. Takto mohou být elektrony urychlovány na velmi vysoké energie.

2 Simulace

Simulace probíhaly přes aktivitu MetaCentrum na superpočítači Mandos 16. V konkrétně naší simulaci jsme zkoumali 2 různé simulace ve 2D prostoru, které se lišily pouze hustotou plazmatu.

Parametry laseru:	30 fs (délka pulsu)
	30 J (energie)
	800 nm (vlnová délka)
	60 um (velikost ohniska)



Obrázek 1: Rozložení urychlujícího podélného elektrického pole



Obrázek 2: Oblast bez elektronů (bublina)



Obrázek 3: Ukázka z programu Visit

3 Výsledek

V simulaci s nižší hustotou (2*10^18 elektronů na cm³) byla maximální energie urychlených elektronů 1,685 GeV, doba urychlování 24 ps a vzdálenost, po které se elektrony urychlovaly, byla 7,2 mm. Tato vzdálenost je výrazně menší než u jiných urychlovačů, které mají velikosti stovek metrů až několik kilometrů. V simulaci s vyšší hustotou (3*10^18 elektronů na cm³) byla maximální energie elektronů 1,685 GeV. Ostatní parametry jsme nemohli určit, protože ve výsledcích nebyla zřetelně viditelná struktura bubliny.

4 Závěr

Naši práci jsme prováděli ve 2D prostoru. Pro měření blížící se skutečnosti by bylo zapotřebí výpočtů ve 3D prostoru. Tyto výpočty jsou ale příliš náročné i pro superpočítače. Pro samotné zachycení elektronu laserovým impulsem bylo zapotřebí splnění podmínky dané vzorcem:

$$\frac{\alpha P}{P_c} > \frac{1}{16} \left[\ln \left(\frac{2n_c}{3n_e} \right) - 1 \right]^3$$

5 Poděkování

Rádi bychom v první řadě poděkovali organizátorům Týdne vědy na FJFI a vedení Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za pořádání jedinečné akce.

Velké poděkování dále patří hlavnímu organizátorovi Týdne vědy na Jaderce Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., supervizorovi našeho miniprojektu doc. Ing. Ondřeji Klimovi, Ph.D. a jeho doktorandům Ing. Martinu Jirkovi a Ing. Vojtěchu Hornému.

Reference

[1] MANGLES, S. P. D., G. GENOUD, M. S. BLOOM, M. BURZA, Z. NAJMUDIN, A. PERSSON, K. SVENSSON, A. G. R. THOMAS a C.-G. WAHLSTRÖM. Self-injection threshold in self-guided laser wakefield accelerators. Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams [online]. 2012, 15(1): - [cit. 2015-06-15]. DOI: 10.1103/PhysRevSTAB.15.011302. ISSN 1098-4402. Dostupné z: http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTAB.15.011302
[2] VYSKOČIL, J. Simulace urychlování elektronů při interakci krátkých laserových impulzů s plynem. Praha, 2009. Bakalářská práce. FJFI ČVUT.
[3] SKÁLA, V., V. LAHUTA, J. HRUBEŠ, P. TÁCHA : Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích, FJFI ČVUT, Sborník 2014, str. 134-136
[4] Simulace laserového urychlování částic na superpočítačích. Týden vědy na Jaderce [online]. 2014 [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2014/cd/proceeds.pdf

Spektroskopická analýza zdrojů světla

Martin Šťastný¹, Jaroslav Seifrt², Matyáš Vohralík³, Renata Štaffová⁴ ¹SPŠ SE ČB Dukelská 13,

²GJP Poděbrady,

³Gymnázium Dr. Emila Holuba, Holice, ⁴Gymnázium Moravská Třebová,

¹numbersixcze@gmail.com, ²seifrt.jun@seznam.cz,

³vohralik.m@email.cz, ⁴rendastaff@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo analyzovat rozdíly mezi jednotlivými spektry světel okem viditelnými, z různých zdrojů, porovnat je a zjišťovali princip vzniku světla. Pomocí spektrometru jsme naměřili emisní křivky. Naměřená data jsme zpracovali do grafů a porovnávali je navzájem.

1 Úvod

Spektroskopie je obor fyziky zaměřený na studium spektra které vzniká v procesu interakce mezi látkou a elektromagnetickým vlněním. Její význam spočívá v tom, že spektrum každé látky je složeno ze souboru charakteristických spektrálních čar které studovanou látku jednoznačně určuje. [1]

V naší práci jsme s použitím spektroskopu měřili různé zdroje světla. Postupně jsme získali spektra, světlo emitujících diod (LED), různých druhů laserů a tepelných světelných zdrojů včetně Slunce. Jednotlivá spektra jsme porovnávali a hledali jejich vzájemné rozdíly a podobnosti.

2 Metodika

K měření emisních spekter zdrojů jsme používali spektrometr HR4000. Rozsah vlnových délek měřených spektrometrem je 195nm – 1120nm. Optické rozlišení je 0,27nm. Počet pixelů světlocitlivého detektoru (CCD) je 3648. Z důvodu lepšího porovnávání hodnot je osa Y normalizovaná.

Vybraný spektrometr s vláknovým světlovodem funguje na principu rozkladu světelného spektra na difrakční mřížce. Rozložené světlo se zaostřuje na světlocitlivý detektor. Data jsou pomocí převodníku analog/digital (A/D) a pomocné elektroniky přenesena do počítače.

Program Spectra Suite umožňuje vizualizovat a uchovat hodnoty získané ze spektrometru.



3 Materiály

Pro měření jsme používali různé typy zářičů na principu:

• LED – světlo emitující dioda (Light Emitting Diode)

"Když diodou prochází proud, dochází na PN přechodu k rekombinaci elektronů a děr. Přitom se uvolňuje energie, která je přibližně rovna šířce zakázaného pásmu. Tato energie se může vyzářit ve formě fotonu nebo být absorbována v krystalové mříži, což se projeví zvýšenou teplotou polovodiče. Barva světla je determinována materiálem polovodiče.,,[3]

- Tepelné zdroje fungují na principu termálního záření. Každé těleso které má nenulovou termodynamickou teplotu vyzařuje do svého okolí energii ve formě elektromagnetického záření. Tepelným zdrojem je například žárovka či Slunce. Dominantní vlnová délka světla závisí na teplotě tělesa.
- Výbojky jejich světlo vzniká převážně zářením par kovů (např. rtuti), popř. vzácných plynů (např. xenonu), a produktů cyklického štěpení halogenidů. Vlnová délka světla závisí na druhu inertního plynu. Výbojky mají velmi úzká vyzařovací pásma (čáry) (viz. Obr.), a proto se používají ke kalibraci spektrometrů.
- **Plynové lasery** jsou buzeny kontinuálním elektrickým výbojem, kterým se atomy excitují (uvedou na vyšší energetickou úroveň). Při opačném procesu je vyzářeno slabé světlo, které je odrazem od zrcadel rezonátoru zesíleno. Stejně jako výbojky mají lasery úzké vyzařovací čáry.
- **Polovodičové lasery** jsou principielní kombinací plynového laseru (rezonance světla) a emitaci fotonů.

4 Výsledky a diskuse

Zjistili jsme, že jednotlivé vlnové délky (odlišná energetická hodnota) LED-diod se liší materiálem substrátu, který úzce souvisí s vyprázdněnou oblastí a to s prahovým napětím. Toto je znázorněno v přiloženém grafu č.3. Největší prahové napětí potřebují modré LED-diod (2,6V). U červených a zelených je toto napětí o něco nižší (1,6V).

Změřili jsme několik různě barevných diod a zjistili jsme, že vlnová délka je velmi spjata s jejich barvou, to je znázorněno na grafu č. 1. Šířka spekter se pohybuje od 50 nm do 200 nm. Vlnové Délky krajních křivek jsou neviditelné pouhým okem, jedná se o infračervené (IR) a ultrafialové záření (UV).

Také jsme zjistili, že každé těleso vyzařuje přirozeně elektromagnetické záření o vlnové délce odpovídající jeho teplotě. To se snažíme znázornit v grafu č. 2, kde vpravo je nejstudenější vlákno a s postupným zvyšováním napětí roste i jeho teplota.

V grafu č. 4 je vidět, že pásmo laseru je mnohem užší (koherentní) oproti podobné LED, to je způsobeno přidaným rezonátorem a stimulovanou emisí.



Intenzita v jednotlivých vlnových délkách u různých LED

Graf č. 1



Graf č. 2 (čím větší vlnová délka, tím tím menší teplota)







Graf č. 4

5 Poděkování

Děkujeme panu Ing. Tomáši Skřeňovi PhD. za vytrvalou odbornou pomoc a za trpělivost při naší práci.

6 Závěr

Spektroskopie je velmi rozsáhlý vědní obor, který nám otevírá svět naším okem neviděný. Prozkoumali jsme spektrální charakteristiky běžných zdrojů optického záření a došli jsme k závěru, že princip jejich fungování je možné rozdělit do tří kategorií – termální zdroje, výboje v plynu, elektroluminescence.

Reference:

[1] https://cs.wikipedia.org/wiki/Spektroskopie

[2]Kolektiv autorů zadání úloh základního praktika z optiky, Úloha č. 6 – Zdroje optického záření

[3]http://elektross.gjn.cz/soucastky/jeden_prechod/led.html

Počítačová simulace turbulentního proudění

O. Bouček¹, J. Hrubeš², Z. Procházková³, J. Sláma⁴

 1 Gymnázium Litoměřická, Litoměřická 726, Praha9

² SPŠ SE Dukelská, Dukelská 13, České Budějovice

 3 Gymnázium Na Vítězné pláni, Na Vítězné pláni 1160, Praha4

⁴ Gymnázium Opatov, Konstantinova 1500, Praha 11 slama@fykos.cz

Supervizor: Ing. T. Oberhuber, Ph.D.

Abstrakt

Cílem naší práce je simulace proudění nestlačitelných tekutin v závislosti na viskozitě, resp. rychlosti proudění a v různých prostředích. Provedeme simulace proudění v kavitě a oříznuté kavitě, vždy pro dvě různé rychlosti proudění, díky čemuž dosáhneme simulace laminárního i turbulentního proudění. Použijeme různé nastavení výpočetního modelu a na závěr naší práce výsledky porovnáme.

1 Úvod

Proudění tekutin je jev, se kterým se setkáváme denně a hlavně všude. Obtékání křídel je velmi důležitým pilířem moderního letectví, proudění vzduchu kolem karoserie auta ovlivňuje spotřebu paliva a proudění můžeme nalézt na mnoho dalších místech. Snahou v průmyslu, ale i vědě, je tato proudění pochopit a moci je využít k našemu prospěchu či snížit jejich vliv a nejznatelnější projev — odpor.

2 Teorie proudění tekutin

Navierovy-Stokesovy rovnice

V teorii proudění tekutin se k popisu proudění používají Navierovy-Stokesovy rovnice. Tyto rovnice byly formulovány zhruba před 200 lety pány C.L. Navierem a G.G. Stokesem. I přes tak dlouhou dobu se je stále nepodařilo analyticky vyřešit, a tak se simulace proudění dělají numericky a často se užívá aproximací. Navierovy-Stokesovy rovnice jsou dvě [2],

$$\rho\left(\frac{\partial \overrightarrow{v}}{\partial t} + \overrightarrow{v} \cdot \nabla \overrightarrow{v}\right) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbb{T} + \overrightarrow{F},\tag{1}$$

$$\left(\frac{\partial\rho}{\partial t} + \overrightarrow{v} \cdot \nabla\rho\right) = -\rho\nabla \cdot v.$$
⁽²⁾

Rovnice (1) vychází ze zákona zachování hybnosti, rovnice (2) vychází ze zákona zachování hmoty. Tyto rovnice jsou obecné a platí pro všechna podzvuková proudění. Numerická simulace je obecně velmi výpočetně náročná, proto se snažíme tyto výpočty co nejvíce zjednodušit. Proto se zjednodušují i Navierovy-Stokesovy rovnice. My jsme pracovali s nestlačitelnou kapalinou (vodou), a proto jsme použili zjednodušené rovnice pro nestlačitelné tekutiny [2]

$$\rho_0 \left(\frac{\partial \overrightarrow{v}}{\partial t} + \overrightarrow{v} \cdot \nabla \overrightarrow{v} \right) = -\nabla p + \mu \Delta \overrightarrow{v} + \overrightarrow{F}, \tag{3}$$

$$\nabla \cdot \overrightarrow{v} = 0. \tag{4}$$

Reynoldsovo číslo

Reynoldsovo číslo je bezrozměrná veličina, která udává charakter proudění. Zjistilo se totiž, že pro určitý poměr různých parametrů je výsledné proudění podobného charakteru. Tento poměr se tedy nazval jako Reynoldsovo číslo, pro nějž platí, že

$$Re = \frac{LV}{\nu} \tag{5}$$

kde L je délka profilu, V je velikost rychlosti tekutiny a ν je viskozita. Proudění můžeme rozdělit na laminární a turbulentní, kde pro Re < 2300 vzniká plně laminární proudění, pro Re > 4000 vzniká plně turbulentní proudění a pro 2300 < Re < 4000 vzniká tzv. přechodné proudění, které je něco mezi tím.

Princip simulace

Simulaci bychom mohli provádět pomocí Newtonových pohybových zákonů pro každou molekulu tekutiny zvlášť. Jenže počet potřebných výpočtů roste exponenciálně a už pro soubor o pár tisících molekul bychom nezvládli výpočty, neboť by jich bylo příliš mnoho. Proto se výpočty dělají na makro úrovni. Prostor, který chceme simulovat, se pokryje mřížkou (viz Obr. 5) — ať už pravidelnou či nepravidelnou — a zavede se zjednodušení, že tlak i rychlost je v každé buňce konstantní v daném okamžiku. Dále platí, že to, co do buňky vteče, musí vytéct. Simulace se provádí s určitým malým časovým krokem. Hustota mřížky a časový krok se musí zvolit tak, aby se změna nerozšířila dál než o jednu buňku. Hustota mřížky velmi silně ovlivňuje výsledky simulace (viz Obr. 4).Pokud je mřížka příliš málo hustá, simulace zachytí málo detailů. Pokud je naopak příliš hustá, může dojít k znehodnocení simulace a vypočtení nesmyslných výsledků (viz Obr. 4c).

Naše simulace

Simulovali jsme pohyb kapaliny v kavitě a pohyb v kavitě s vyříznutým rohem. Výpočty jsme prováděli pomocí opensource programu OpenFOAM, výsledky jsme zobrazovali programem VisIt. Pozorovali jsme, jak se změní charakter proudění, jestliže změníme hodnotu viskozity kapaliny nebo jemnost použité mřížky. Kavita i oříznutá kavita měly rozměry 0,1 m x 0,1 m. V obou kavitách byla provedena simulace pro $Re = 10^2$ a $Re = 10^5$.

Výsledky

Na výsledcích z kavit je vidět barevná mapa, která udává velikost rychlosti tekutiny v daném bodě, a šipky, které udávájí směr rychlosti tekutiny.

Na Obr. 1 vidíme časový vývoj proudění v oříznuté kavitě pro $Re = 10^5$. Vidíme, že při $Re = 10^5$ je vzniklé proudění plně turbulentní a můžeme pozorovat vývoj turbulencí v prvních pěti vteřinách simulace.

Na Obr. 2 můžeme pozorovat proudění v kavitě při $Re = 10^2$ (vlevo) a $Re = 10^5$ (vpravo). Vidíme, že při malém Reynoldsově čísle došlo velmi rychle k ustálení proudění, kdežto při vysokém Reynoldsově čísle vzniklo turbulentní proudění.

Na Obr. 3 můžeme porovnat proudění tekutiny v oříznuté kavitě, opět pro $Re = 10^2$ (vlevo) a $Re = 10^5$ (vpravo). Vidíme, že pro malé Reynoldsovo číslo dostáváme velice podobný výsledek jako v normální kavitě, ale pro velké Reynoldsovo číslo opět vzniká plně turbulentní proudění a můžeme pozorovat dvě hlavní turbulence — jednu ve spodní části a druhou v horní části kavity.

Na Obr. 4 vidíme porovnání výsledků v závislosti na hustotě mřížky. Obrázek 4a má nejméně hustou mřížku a dodává tedy nejméně detailní výsledek, obrázek 4b má správně hustou mřížku a dává přesnější výsledek, kdežto obrázek 4c má již příliš jemnou mřížku, a proto je spočtený výsledek fyzikálně naprosto nesmyslný.

3 Shrnutí

Simulací pro různá Reynoldsova čísla jsme dospěli k závěru, že pro malá Reynoldsova čísla se proudění ustálí, většinou v relativně krátkém čase a naopak pro vysoká Reynoldsova čísla vzniká proudění turbulentní. Vzniklé turbulentní proudění je tím víc turbulentní, čím víc nepravidelná je kavita, v níž k proudění dochází. Při simulaci se nám povedlo získat fyzikálně nesmyslný výsledek, z důvodu nevhodné (nerovnoměrně zahuštěné) mřížky (viz Obr. 5).

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizerovi Ing. Tomáši Oberhuberovi, Ph.D. za teoretický úvod do problému a doktorandům Ing. Ondřeji Pártlovi a Ing. Vladimíru Klementovi za pomoc při provádění simulací a analýze výsledků.

Reference

- [1] Tutoriál k programu OpenFOAM (Červen 2015)
 URL: http://cfd.direct/openfoam/user-guide/tutorials/
- [2] J.H. Ferziger, M. Perić, Computional Methods for Fluid Dynamics, 3. vydání, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2002



Obrázek 1: Časový vývoj proudění v oříznuté kavitě při $Re=10^5.$



Obrázek 2: Porovnání proudění v kavitě pro různé Reynoldsova čísla.



Obrázek 3: Porovnání proudění v oříznuté kavitě pro různá Reynoldsova čísla.



Obrázek 4: Porovnání výsledků simulace pro různé hustoty mřížek.



Obrázek 5: Nerovnoměrně zahuštěná mřížka, při níž bylo dosaženo fyzikálně nesmyslného výsledku.

Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

J. Löwit, Gymnázium Českolipská, Praha jakub.lowit@gmail.com

J. Matěna, Gymnázium Českolipská, Praha matenajakub@gmail.com

J. Novotná, Gymnázium, Chomutov jane.novotna@seznam.cz

L. Švamberová, Gymnázium Na Pražačce, Praha lucie.svamberova@seznam.cz

Abstrakt

V tomto miniprojektu jsme se věnovali výpočtům obsahů ploch obrazců. Porovnávali jsme použití metody Monte Carlo, obdélníkové metody a integrace. Metodu Monte Carlo jsme použili jak pro případy, kde lze snadno vypočítat integrál, tak i tam, kde použití integrace není možné.

Pro obdélníkovou metodu jsme používali programovací jazyk C++, pro metodu Monte Carlo jazyk C# a pro vykreslování grafů Maple a Gnuplot.

1 Úvod

V různých odvětvích vědy a techniky často potřebujeme znát obsahy různých ploch. Ve většině případů je nejsnazší a nejpřesnější metoda integrování. U složitých funkcí, které neumíme zintegrovat, lze použít obdélníkovou metodu (ta však na rozdíl od integrace není zcela přesná). Metoda Monte Carlo je kromě těchto případů využitelná také tehdy, když není integrály ani obdélníkovou metodu možné použít, např. v případě uzavřených křivek. I metoda Monte Carlo ale je pouze přibližná.

Naším cílem bylo ověřit efektivitu obdélníkové metody a metody Monte Carlo ve srovnání s integrací a v případě metody Monte Carlo také stanovit směrodatnou odchylku pro větší počet měření.

2 Metody

Určitý integrál

Určitý integrál označujeme symbolem

$$\int_{a}^{b} f(x) \, \mathrm{d}x.$$

Udává obsah plochy, která je ohraničena grafem funkce f(x), osou x a přímkami x = a a x = b.

Obdélníková metoda

V případě obdélníkové metody konstruujeme obdélníky, které se jedním svým daným bodem horní hrany (např. levý nebo pravý kraj) dotýkají grafu funkce a jsou stejně "široké" (viz obrázek 1). Plochu pod grafem křivky získáme jako součet obsahů těchto obdélníků. Čím jsou obdélníky "užší" (a tedy jich je větší počet), tím je metoda přesnější.

Pokud by takových obdélníků bylo nekonečně mnoho, blížila by se výsledná plocha určitému integrálu.

Monte Carlo

Metoda Monte Carlo je pravděpodobnostní metoda, používaná kromě výpočtu obsahů ploch i v mnoha dalších odvětvích, např. v biologii, částicové fyzice či u hazardních her.

Obecný princip spočívá v určení střední hodnoty z náhodně generovaných čísel. Konkrétně u plošných útvarů to provádíme tak, že daný útvar ohraničíme plochou, jejíž obsah umíme vypočítat, a poté počítačem generujeme body a zjišťujeme, zda bod leží uvnitř daného útvaru či nikoli. Následně postupujeme podle vztahu

$$S_{\rm obr} = S_{\rm oblast} \frac{N_{\rm in}}{N_{\rm celkem}},$$

kde S_{obr} je hledaný obsah plochy, S_{oblast} je obsah plochy, která ohraničuje daný útvar, N_{in} je počet vygenerovaných bodů, které jsou podmnožinou daného útvaru, a N_{celkem} je celkový počet vygenerovaných bodů.

Dále je pro metodu Monte Carlo možné odvodit směrodatnou odchylku [1]. Pokud jako N označíme celkový počet vygenerovaných bodů, chová se odchylka jako

$$\frac{1}{\sqrt{N_{,}}}\tag{1}$$

nezávisle na počtu dimenzí. Znamená to, že pokud počet generovaných bodů zvýšíme např. stokrát, zmenší se odchylka zhruba desetkrát.

3 Výsledky

Plocha pod křivkou. Měli jsme dánu funkci

$$f(x) = \sin^2(x)\cos(x),\tag{2}$$

kterou lze zintegrovat a zjistit tak přesný obsah plochy. Pro určitý integrál platí

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sin^2(x) \cos(x) \, \mathrm{d}x = \left[\frac{1}{3}\sin^3(x)\right]_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = \frac{2}{3}.$$

Poté jsme určovali obsah plochy pod tímto grafem pomocí obdélníkové metody. Výsledky našich měření jsou v tabulce 1.



Obr 1. Obdélníková metoda pro (2), použito dělení na 16 obdélníků.

#obdélníků	součet ploch
100	0,666505
200	$0,\!666627$
300	$0,\!66665$
400	0,666656
500	0,66666
600	0,66666
700	0,666664
800	0,666662
900	0,666664
1000	0,666665

Tab 1. Výsledky obdélníkové metody

Plocha pod křivkou podruhé. Druhá zadaná funkce

$$f(x) = \exp\left(\frac{\sin(x^2)}{(x+0.5)^2}\right) |\sin(x)|$$
(3)

je složitější a neumíme ji zintegrovat. Zde jsme porovnávali metodu Monte Carlo a obdélníkovou metodu.



Obr 2. Monte Carlo pro (3), body pod křivkou jsou tmavší barvou

#obdélníků	součet ploch
100	4,31628
200	4,31654
300	4,31657
400	4,31659
500	4,3166
600	4,31659
700	4,31662
800	4,31665
900	4,31657
1000	4,31657

Tab 2. Výsledky obdélníkové metody

Při určování plochy metodou Monte Carlo jsme zvyšovali počet generovaných bodů a pro každý počet prováděli deset opakování. Výsledky jsou v tabulce 3. Ve sloupcích jsou různé počty bodů a v řádcích jednotlivá opakování. E je aritmetický průměr deseti pokusů, který považujeme za náš výsledek, σ je směrodatná odchylka. Z tabulky vidíme, že hodnoty směrodatné odchylky se chovají přibližně jako (1).

	10	10^{2}	10^{3}	10^{4}	10^{5}	10^{6}	10^{7}	10^{8}
1.	$5,\!6549$	$5,\!2779$	4,1846	4,3222	4,3352	4,3201	4,3159	4,3171
2.	$6,\!5973$	$3,\!9584$	4,2788	$4,\!3250$	4,3380	4,3222	4,3162	4,3167
3.	$6,\!5973$	4,5239	4,4673	$4,\!4287$	4,3313	4,3134	4,3175	4,3173
4.	4,7124	4,3354	4,1092	4,2430	4,3433	4,3129	4,3148	4,3170
5.	2,8274	4,2412	4,2506	4,3203	4,3169	4,3182	4,3177	4,3168
6.	2,8274	4,1469	4,3637	$4,\!3806$	4,3168	4,3126	4,3140	4,3164
7.	$5,\!6549$	3,8642	4,2129	4,3618	4,3241	4,3150	4,3139	4,3159
8.	$5,\!6549$	4,9951	4,2223	4,2525	4,3224	4,3123	4,3162	$4,\!3157$
9.	$5,\!6549$	4,0527	$4,\!1563$	$4,\!1969$	4,2934	4,3104	4,3183	4,3163
10.	$1,\!8850$	$3,\!8642$	4,3637	$4,\!3505$	$4,\!3319$	$4,\!3097$	$4,\!3177$	4,3163
E	4,8066	4,3260	4,2609	4,3182	4,3253	4,3147	4,3162	4,3165
σ	$1,\!6022$	$0,\!4548$	$0,\!1038$	0,0662	0,0135	0,0040	0,0015	0,0005

Tab 3. Výsledky Monte Carlo pro (3)

Plocha uvnitř křivky. Ve třetím případě jsme měli zadanou uzavřenou křivku o rovnici

$$x^{2} + y^{2} = \left(1 + 0.5\cos\left(6\arctan\left(\frac{y}{x}\right)\right)\right)^{2}.$$
 (4)

Obsah její plochy jsme počítali pouze s užitím metody Monte Carlo, ostatní metody nelze použít.



	10	10^{2}	10^{3}	10^{4}	10^{5}	10^{6}	10^{7}	10^{8}
1.	4,2000	3,3600	$3,\!3768$	$3,\!5087$	$3,\!5445$	$3,\!5357$	$3,\!5351$	3,5342
2.	2,5200	3,3600	$3,\!5700$	$3,\!4633$	3,5292	$3,\!5423$	$3,\!5348$	$3,\!5345$
3.	0,8400	$3,\!1080$	$3,\!6372$	3,5078	3,5062	$3,\!5373$	3,5335	3,5336
4.	4,2000	3,8640	3,5280	$3,\!4927$	3,5230	3,5322	3,5333	$3,\!5350$
5.	3,3600	$3,\!2760$	3,3684	3,5196	3,5332	$3,\!5346$	$3,\!5340$	$3,\!5349$
6.	5,0400	$3,\!5280$	$3,\!6540$	$3,\!4986$	$3,\!5357$	3,5333	3,5334	$3,\!5346$
7.	$1,\!6800$	$3,\!6960$	$3,\!6708$	$3,\!5524$	$3,\!5397$	$3,\!5287$	3,5329	$3,\!5348$
8.	2,5200	$3,\!6960$	3,5616	$3,\!5599$	$3,\!5519$	$3,\!5290$	3,5335	$3,\!5342$
9.	2,5200	3,7800	$3,\!6204$	$3,\!5759$	$3,\!5454$	$3,\!5331$	3,5342	$3,\!5346$
10.	$1,\!6800$	$2,\!8560$	3,5532	$3,\!5272$	$3,\!5550$	$3,\!5422$	$3,\!5360$	$3,\!5342$
E	2,8560	3,4524	$3,\!5540$	3,5206	3,5364	3,5348	3,5341	3,5344
σ	$1,\!2572$	0,3039	0,1009	0,0324	0,0138	$0,\!0045$	0,0009	0,0004

Tab 4. Výsledky Monte Carlo pro (4)

4 Závěr

Vyzkoušením jmenovaných tří metod jsme ověřili, že při velkém počtu obdélníků je obdélníková metoda velmi přesná, a velmi přesná je i metoda Monte Carlo při velkém počtu generovaných bodů. Došli jsme k tomu, že pokud lze danou funkci integrovat, je integrál nejpřesnější metodou výpočtu plochy. Pokud máme funkci, kterou zintegrovat neumíme, je obdélníková metoda výhodnější. Metoda Monte Carlo je pro tyto případy časově nejnáročnější, ale v některých případech jde o jedinou možnost výpočtu plochy.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervisorovi Ing. Petrovi Ambrožovi, Ph.D. za seznámení s tématem miniprojektu a pomoc při jeho zpracovávání. Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům Týdnu vědy na Jaderce za možnost realizování tohoto miniprojektu.

Reference

- [1] Stefan Weinzierl, Introduction to Monte Carlo Methods, Nikhef Lecture Notes (2000), ArXiv: http://arxiv.org/abs/hep-ph/0006269
- [2] Vojtěch Jarník, Integrální počet (I), Academia Praha (1984)

Matematický model vzniku skvrn na kožichu jaguára

M. Dohnalová – Gymnázium Nad Kavalírkou, Praha
J. Dostál – Slovanské gymnázium Olomouc, Olomouc
M. Scheubrein – Gymnázium Třebíč, Třebíč
J. Štěpanovský – Gymnázium Třebíč, Třebíč

Abstrakt

Turingův model popisuje vznik prostorových struktur z malé perturbace konstantní počáteční podmínky. Pomocí něj můžeme generovat obrázky skvrn na kožiších jaguárů a žiraf, pruhů na zebrách nebo obrazců na kůži akvarijních rybek. Cílem této práce je pozorovat chování Turingova modelu na obdélníku a kulové ploše a porovnat struktury vytvořené tímto modelem s různými počátečními podmínkami a parametry.

1 Úvod

Na první pohled chaotické rozmístění skvrn na srsti zvířat lze popsat Turingovým modelem. Jde o soustavu parciálních diferenciálních rovnic popisujících časový vývoj dvou veličin, které mohou reprezentovat například koncentraci pigmentu na kožichu jaguára. Vznikající struktury vykazují zajímavé vlastnosti, například symetrii. Výsledný tvar závisí na volbě počátečních podmínek a parametrů, které mohou představovat například difuzní poměr. Turingův model však dokáže popsat i další jevy v přírodě, například vaskularizaci rakovinných buněk nebo dynamiku v nukleárních reaktorech.

Naše práce se zabývá studiem změn struktur v závislosti na volbě parametrů a počátečních podmínek. Dále se pokusíme pokusíme vyvinout algoritmus na zjištění počtu skvrn na sféře. Výsledná data zhodnotíme a porovnáme s rovinným modelem.

2 Turingův model

Jedná se o soustavu parciálních diferenciálních rovnic

$$\frac{\partial u}{\partial t} = d_1 \nabla^2 u + f(u, v)$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = d_2 \nabla^2 v + g(u, v),$$

kde proměnné jsou dvě funkce u, v závislé na prostoru a čase. Parametry d_1, d_2 mohou představovat difuzní konstanty, druhá mocnina operátoru ∇ (nabla) prostorovou derivaci. Tato soustava má analytické řešení pouze ve velmi speciálních případech, proto ji většinou řešíme numericky. Právě touto cestou jsme se vydali i my.

 Při naší práci jsme vycházeli z článku [1], který uvažuje konkrétní funkce f, g, tedy předchozí systém je při převzetí značení ve tvaru

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D\delta\nabla^2 u + \alpha u + v - r_2 uv - \alpha r_3 uv^2$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = \delta\nabla^2 v + \gamma u + \beta v + r_2 uv + \alpha r_3 uv^2$$

Parametry této rovnice, dle kterých budeme zkoumat vývoj a výsledný stav systému, jsou α , β , γ , r_2 , r_3 , D, δ .

3 Vývoj na obdélníku

Model jsme využili k vytvoření struktur na ploše obdélníku tvořeného konečným počtem bodů. Soustava nemá analytické řešení, proto jej hledáme numericky v programu Matlab. Na obdélníku musíme zavést speciální podmínky pro chování skvrn při okrajích obdélníka, které výrazně ovlivňují počet vzniknuvších skvrn. Ten ve většině případů konverguje k jisté hodnotě, která se dále v čase už nemění. Skvrny potom jen drobně mění svou vzájemnou pozici. Zjišťovali jsme, jaký vliv mají parametry na vývoj a konečný stav struktur. Vhodnou volbou parametrů dosáhli struktur vzhledově podobným přírodním vzorům.



Obrázek 1: Rozdílné struktury na obdélníku

4 Vývoj na sféře

Na sféře se struktura vyvíjí stejným způsobem jako na obdélníku. Odpadá však nutnost zavádět okrajové podmínky, čímž se vznik skvrn více přiblíží skutečnému vývoji v přírodě.

Abychom mohli analyzovat závislost počtu skvrn na počátečních podmínkách, museli jsme vyvinout program, který skvrny počítá. Sféra je v datovém souboru reprezentována trojúhelníkovou sítí. Program data extrahuje do grafu, jejž lineárně prochází a každou skvrnu prohledáváním do šířky ze seznamu vyřadí a započítá. Tímto programem jsme následně chování modelu na sféře analyzovali.

Nejprve proběhlo srovnání počtu skvrn při shodných parametrech modelu, avšak rozdílném počátečním náhodném šumu. Porovnali jsme struktury několika desítek různých vzorků s difúzním poměrem D = 6 po 5900 iteracích. Relativní odchylka počtu skvrn



Obrázek 2: Vývoj struktur na sféře

činila 1.25 %, což je výrazně menší rozptyl než při simulacích na obdélníku, kde se odchylka kvůli ovlivnění okrajovou podmínkou pohybuje v řádu desítek procent.

Ve druhé fázi jsme se zaměřili na časový vývoj struktury při konkrétních počátečních podmínkách, v tomto případě D = 0.6 a D = 6. Na grafu lze vidět, že počet skvrn rychle konverguje k určité hodnotě, což se ve vizuálním zobrazení modelu projevuje tak, že jakmile dojde k vytvoření prvotních skvrn, nové už nevznikají a ty stávající se jen rozmisťují na sféře tak, aby zaujmuly co nejpravidelnější rozestavení.



Obrázek 3: Časový vývoj počtu skvrn

5 Závěr

Podařilo se nám objevit některé nové vztahy mezi parametry a výslednými strukturami. Vytvořili jsme program výrazně usnadňující další výzkum, jímž jsme potvrdili domněnku, že se model na sféře chová konzistentněji než na ohraničeném obdélníku. Tím jsme výrazně rozšířili hranice lidského poznání v oblasti počítání puntíků na sférických kočkách.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Michalu Kozákovi za poutavé výklady a pomoc.

Reference

 [1] LIU, R. T., S. S. LIAW a P. K. MAINI. Two-stage Turing model for generating pigment patterns on the leopard and the jaguar. Physical Review E. 2006, DOI: 10.1103/Phys-RevE.74.011914. ISSN 1539-3755.
 Dostupné z: http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.74.011914

Narušování symetrie laserového rezonátoru

Nodari Gogatishvili a Lukáš Caha

Gymnázium Christiana Dopplera, Zborovská 45, Praha 5 NodariGogatisvili@seznam.cz, 787898787898@seznam.cz

Abstrakt:

V tomto miniprojektu jsme pracovali se stavebnicí pevnolátkového laseru. Pomocí naklánění polopropustného zrcadla jsme rozlaďovali paprsek a sledovali výsledné obrazce. Zjišťovali jsme jak souvisí stupeň módu se stupněm náklonu a jak souvisí rozbíhavost se stupněm módu.

1 Úvod

Běžný laserový systém se skládá z aktivního prostředí, čerpání, rezonátoru. Rezonátor je ta část laseru, která určuje profil výstupního laserového svazku. Cílem tohoto miniprojektu bylo sledovat vliv náklonu zrcadel rezonátoru na profil výstupního svazku. A sledovat rozbíhavost paprsku u různých módů.

Nakláněním zrcadla rezonátoru jsme vynucovali generování módů vyšších stupňů.

2 Experimentální aparatura a postup měření

Aparatura:

Vlnová délka světla diody je 804 nm. Vlnová délka výstupního paprsku je 1064 nm. Ohnisková vzdálenost 1. čočky je f = 6 mm. Ohnisková vzdálenost 2. čočky je f = 60 mm. Krystal je dlouhý 6 mm a je pokryt dielektrickou vrstvou, která je propustná pro budící světlo, ale ne pro emitované. Vyduté polopropustné zrcado má odrazivost 99,98 % a jde naklánět manipulací se šrouby. Délka rezonátoru je 73 mm.



Postup:

Paprsek se v rezonátoru odráží od polopropustného zrcadla a dielektircké vrstvy na krystalu dokud neuzavře cyklus. Základním postavením je když paprsek dopadá kolmo na zrcadlo, kdy se odráží mezi dvěma body. Pokud se zrcadlo vychýlí tak se paprsek odráží vícekrát než uzavře cyklus. Tím je způsobeno, že výsledné paprsky dopadadají na více bodů a vytváří tím obrazce, protože paprsek dopadl na polopropustné zrcadlo vícekrát.



Sledovali jsme paprsky různých módů na 60 cm a 120 cm a porovnávali rozbíhavost.

stupeň módu	průměr na 60 cm	průměr na 120 cm	rozbíhavost
1	1,2	1,6	0,67
2	1,2	1,9	0,62
4	2,6	4	0,77
8	3,2	5	0,78





Základní 1. mód bez vychýlení (vlevo),



Diskuze:

U druhého módu jsme pozorovali nesedící rozbíhavost, protože jsme měrili pro módy 1, 4, 8 a tento mód jsme doměřovali nakonec.

3 Shrnutí

Vypozorovali jsme, že stupeň módu v závislosti na úhlu náklonu roste exponenciálně. Rozbíhavost roste společně s rostoucím číslem módu.

Reference:

[1] SALEH, B. – TEICH, M.: ZÁKLADY FOTONIKY matfyzpress 1994 pp. 380 – 381

Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů

Matyáš Grof¹, Pavel Kůs², Stanislav Taborovec³ Už ne GChD¹, Gymnázium J. Š. Baara², Ještě GChD³ pudivitr@gchd.cz

Abstrakt:

V elektronovém mikroskopu lze pozorovat objekty až o velikostech nanometrů, což dává neskutečné množství možností pro výzkum ve fyzice, biologii nebo v chemii. V našem projektu jsme zkoumali krystalické struktury monokrystalů i polykrystalů pomocí jevu zvaném difrakce, který jsme dokázali sledovat pomocí elektronového mikroskopu.

1 Úvod

Transmisni elektronová mikroskopie je důležité vědní odvětví v oborech jako například letectví, námořnictví, kosmonautiky, automechaniky, medicíny, filosofie, moderním kovářství, strojařství, zkrátka ve všech oborech, kde je zapotřebí různých vlastností materiálů ať už se jedná o pevnost, pružnost, či tvárnost.

V našem projektu jsme zkoumali krystalické struktury monokrystalů i polykrystalů pomocí jevu zvaném difrakce, který jsme dokázali sledovat pomocí elektronového mikroskopu. Dále jsme zkoumali poruchy krystalické mřížky a Kikuchiho linii

2 Teorie (Nic nefunguje a všichni ví proč)

Transmisisní elektronová mikroskopie je vědecký obor zabývající se zobrazováním

základní krystalické struktury materiálu. Využívá se jak v materiálové fyzice, tak třeba i v biologii, pro zobrazování submikroskopických struktur buněk, makromolekul, či virů.

Rozlišovací schopnosti elektronových mikroskopů je mnohonásobně vyšší než u světelných mikroskopů. Ovšem konstrukce je složitější.

Krystalová mřížka

Látka v pevném skupenství může být buď amorfní, nebo krystalická. Krystalické látky mají mnoho druhů krystalů. Na obrázku 2 jsou znázorněny tři základní druhy: primitivní (a), prostorově centrovaná (b), plošně centrovaná (c).



Obr. 2: krystalické mřížky



Obr. 1: struktura mikroskopu

Difrakce

Difrakce je jev, kdy se vlnění dostává do oblasti geometrického stínu po průchodu štěrbinou. Nastává v případě, kdy je velikost štěrbiny srovnatelná s vlnovou délkou vlny. Podle principu vlnově-časticového dualismu můžeme hmotnému elektronu přiřadit de Brogliho vlnu. Jinak řečeno můžeme na elektron nahlížet jednak jako na částici, jednak jako na vlnu. Pokud se použije částečně koherentní svazek elektronů, dojde k interferenci (skládání vlnění), čímž na stínítku vzniká soustava interferenčních maxim. Z teorie difrakce lze zpětně získat velikost a tvar objektu, na němž k difrakci došlo.

Dále lze z teorie odvodit tzv. Braggrův zákon, který určuje polohu interferenčních maxim v závislosti na vlnové délce, meziatomových vzdáleností a úhlu dopadu svazku.

3 Měření (Vše funguje a nikdo neví proč)

Krystalky na mřížce

Prvně jsme pomocí mikroskopu pozorovali krystalky, které obsahovala kovová mřížka.



Obr. 3: krystalky v krystalické mřížce při zvětšení 10k, 40k, 200k

Pozorování difrakce krystalků na mřížce

Provedli jsme difrakci na krystalkách. Z výslednýho difrakčního obrazce jsme usoudili, že se jedná o difrakci na polykrystalu.



Obr. 4: difrakce polykrystalu

Pozorování Al-Mn-Zr

Sloučenina Al-Mn-Zr se používá v tepelných výmenících např. Maxi-Flo. Pozorovali jsme připravený vzorek z této sloučeniny, který byl předem proděravěn kyselinou. Tímto se docílilo dostatečné tenkosti vzorku pro možnost pozorování v mikroskopu.



Obr. 5: Al-Mn-Zr při zvětšení 10k, 20k, 75k

Pozorování difrakce

Do difrakci na sloučenině Al-Mn-Zr jsme opět pozorovali difrakční obrazec v mikroskopu. První dva obrázky jsme získali difrakcí na polykrystalu. Poslední obrázek byl pořízen na monokrystalu. Je to zapříčiněno velikostí clony, kde v posledním obrázku jsme ostatní krystaly odstínili a zbyl nám téměř monokrystal.



Obr. 6: difrakce Al-Mn-Zr při využití velké, střední a malé clony

Pozorování dislokace

Na této sloučenině jsme na mikroskopu při zvětšení 200k pozorovali chybu na monokrystalech zvanou hranová dislokace. Je to způsobeno ztrátou souvislých částí atomů.



Obr. 7: dislokace

Pozorování Cu-Ni-Sn

Pozorovali jsme připravený vzorek z této sloučeniny, který byl předem proděravěn kyselinou. Tímto se docílilo dostatečné tenkosti vzorku pro možnost pozorování v mikroskopu.



Obr. 8: Sloučenina Cu-Ni-Sn pod mikroskopem při žvetšení 30k, 30k, 100k

Na prvním obrázku si lze povšimnout dislokací krystalu. Na druhém obrázku téměř vlastenecky připomínajícím českou vlajku jsme pozorovali rozhraní tří zrn sloučeniny. Třetí obrázek originálně zaslaný do soutěže na etiketu zobrazuje námi nasnímanou tloušťkovou konturu, o které vypovídají bílé a černé linie způsobené interferencí (podobně jako na hranolu).

Pozorování Kikuchiho linie

Difrakce na monokrystalech v případě tlustého vzorku je doprovázena jevem zvaným Kikuchiho linie. Okolo bodů lze pozorovat záři, která je způsobena nepružným rozptylem elektronu na tlustém zrnu krystalu.



Obr. 9: Kikuchiho linie na tlustém vzorku Cu-Ni-Sn

4 Závěr

V našem miniprojektu jsme využili transmisivní elektronové mikroskopie k zobrazování mikroskopických částic. Pozorovali jsme difrakční obrazce na monokrystalech a polykrystalech a dokázali jsme je rozlišit. U difrakčních obrazců jsme byli schopni zaznamenat Kukichiho linie na tlustých zrnech krystalu.

5 Poděkování

Děkujeme všem, kteří nám umožnili projekt uskutečnit, tedy zejména náš supervizor M. Karlík a hlavní organizátor TV@J V. Svoboda. Dále bych chtěl poděkovat všem našim maminkám za letitou trpělivost, která nás dovedla až na TV@J.

KARLÍK, M. *Ůvod do transmisní elektronové mikroskopie*, ČVUT, 2011.
 FEYNMAN, R. *Feynmanovo přednášky z fyziky*, Fragment, 2013.

Elektronová mikroskopie v materiálovém výzkumu

Kristina Hakenová Gymnázium Turnov <u>kikihak@seznam.cz</u>

Karel Vlachovský Masarykovo gymnázium, Plzeň <u>maoap1@gmail.com</u>

Abstrakt:

Práce seznamuje čtenáře s elektronovým mikroskopem, jeho stavbou a následným využitím nejen v materiálovém výzkumu. Podrobněji se zabývá energiově disperzní analýzou pozůstatku antického hřebu, čímž lze určit složení hřebu i po tisíciletích.

1. Úvod

Elektronové mikroskopy jsou přístroje pracující na podobném principu jako mikroskopy světelné. Optické čočky jsou zde nahrazeny čočkami elektromagnetickými a místo fotonů jsou ke zkoumání objektu využívány elektrony. Hlavní výhodou elektronové mikroskopie je mnohem vyšší rozlišovací schopnost daná o mnoho řádů menší vlnovou délkou elektronů, a z toho vyplývající mnohonásobně vyšší možnost zvětšení. Viditelné světelné záření má vlnovou délku od 380 do 750 nm, naproti tomu vlnová délka elektronů se při urychlovacím napětí 10 až 20 kV pohybuje od 0,0123 do 0,0087 nm.

Nejvíce rozšířenými typy jsou transmisní elektronový mikroskop (TEM) a rastrovací elektronový mikroskop (SEM). TEM využívá zobrazování struktury vzorku pomocí prošlých elektronů, což způsobuje nutnost využívat vysoké urychlovací napětí a velmi tenké vzorky. Prošlé elektrony zde zajišťují zobrazení vnitřní struktury, kdežto SEM zobrazuje především povrch vzorku, neboť využívá nejčastěji sekundární elektrony, které jsou uvolněné ze vzorku po dopadu primárního svazku, nebo zpětně odražené elektrony. Díky tomu má nižší urychlovací napětí, tím pádem i zvětšení, ale vzorek může být podstatně větší.

Na Katedře materiálů FJFI ČVUT jsme pracovali s řádkovacím elektronovým mikroskopem JEOL JSM 5510LV, který je opatřen detektorem sekundárních elektronů, třemi detektory zpětně odražených elektronů a detektorem EDS; ten detekuje RTG záření a umožňuje analýzu procentuálního zastoupení prvků ve zkoumané oblasti vzorku. Jeho rozlišovací schopnost nám umožňuje pozorovat vzorky se zvětšením až 30 000x.

Pozorovali jsme antický hřeb, o němž se budeme zmiňovat později, mince, stříbrný šperk, u kterého viděli punc, wolframový drátek, kamínek a svár aj.



Obrázek 1: schéma rastrovacího elektronového mikroskopu

2. Vlastní práce

Před započetím samotného experimentu je důležité správné zpracování vzorku, což obnáší prvotní vyčištění, v případě velikého objektu nařezání, broušení, leštění a finálního dočištění, nejlépe pomocí ultrazvukové čističky, omytí v acetonu a ofoukání stlačeným vzduchem. Takto připravený vzorek se umístí na držák a následně vloží do komory mikroskopu. Komora se vyčerpá na tlaku 10⁻⁶ Pa. Pokud není vzorek dostatečně vodivý, do komory se připustí vzduch až do tlaku 50 Pa a využívá se jen zobrazení pomocí zpětně odražených elektronů. Nedají se v tomto případě stanovovat prvky, jež jsou obsaženy ve vzduchu, a celková analýza je méně kvalitní, včetně snížené rozlišovací schopnosti.

Mince

Pro seznámení se s prací na elektronovém mikroskopu jsme si podrobně prohlédli a následně analyzovali složení mincí, konkrétně jednokorunové mince. Na minci bylo vše názorně vidět, a proto se nám s tímto vzorkem pro začátek dobře pracovalo. Zkoumali jsme povrch mince, škrábanec na minci a místa koroze. Zjistili jsme, že povrch mince je galvanicky pokovený niklem a uvnitř se nalézá ocel. Jak jsme předpokládali, v korozní oblasti jsme nalezli zvýšený podíl atomů železa, kyslíku a síry a skoro zanedbatelný podíl atomů niklu.



Obrázek 2: Mince

Obrázek 3: Koroze na minci

Tabulka 1: Spektrální analýza z Obrázku 2										
Prvek	С	0	Al	Si	S	Cl	К	Ca	Fe	Ni
Area 1	27,588	3,347	1,489	3,615	0,709	1,540	1,529	7,240	2,383	50,560
Area 2	45,986	8,406	0,093	0,880	0,236	0,280	0,172	0,795	12,538	30,614
Area 3	8,312	1,127	0,248	0,033	0,461	0,112	0,167	0,107	1,176	88,258
Area 4	13,595	3,178	0,139	0,141	1,744				2,075	79,128
Area 5			0,104	0,133					0,900	98,864
Area 6	37,973	4,227	0,365	0,628				0,288	0,550	55,969

Tabulka 2: Spektrální analýza z Obrázku 3												
Prvek	С	0	Na	Al	Si	Р	S	Cl	К	Ca	Fe	Ni
Area 1	46,859	13,121	0,302	0,120	0,154		4,022	0,446	0,405	0,316	15,237	19,017
Area 2	67,612	9,540	0,368	0,439	0,834	0,489	2,812	0,539	0,939	1,305	7,306	7,816
Area 3	57,489	14,349		0,121	0,125		13,585		0,343	0,267	9,068	4,652
Area 4				0,144	0,071						0,721	99,063

Antický hřeb

Po seznámení se s elektronovým mikroskopem jsme se rozhodli provést prakticky využitelný výzkum. Známý dobrodruh Boris Gol nalezl v Jaderském moři antický hřeb, který údajně pochází z římské obchodní lodi, respektive našel jen schránku sedimentů, jež se kolem tohoto antického hřebu udělal. Otázka zněla, z jakého kovu se tento hřeb skládal. Kus byl uříznut, vybroušen a jinak zpracován a byla na něm provedena energiově disperzní analýza. Zjistili jsme, že byl železný. Jelikož byl objekt dlouho pod vodou, byl zde značný podíl sodíku, vápníku a chloru. Když jsme však provedli analýzu metodou Fast map, zjistili jsme, že sodík a chlor se vyskytoval na téměř identických lokacích, takže ve formě chloridu sodného.



Obrázek 4: Rozřezaný antický hřeb



Obrázek 5: Antický hřeb pod mikroskopem

Obrázek 6: Antický hřeb vykolorovaný podle zastoupení prvků



Obrázek 7: Spektrální analýza Obrázků 5 a 6 (Fe je na obrázcích bílé, ne oranžové)



Obrázek 8: Zleva: výskyt chloru; výskyt sodíku; Na + Cl

3. Shrnutí

Seznámili jsme se s elektronovým mikroskopem a získali celkový přehled o dané problematice. Díky této práci jsme již schopni rozeznat jednotlivosti ve struktuře daného materiálu, provést spektrální analýzu a vyhodnotit ji.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ing. Janu Adámkovi za cenné rady a zkušenosti, a že jsme mohli pracovat pod jeho odborným dozorem. Dále bychom chtěli poděkovat FJFI, jmenovitě panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za realizaci Týdne vědy, bez níž by se tomuto projektu nedostálo.

Reference:

[1] BABORÁK J., KRAJNÍK R., MOLNAR O.: Mikroskopie v materiálovém výzkumu; FJFI ČVUT 2012
Měření nanotvrdosti wolframu

Pavla Bérešová¹, František Zajíc², Veronika Deketová³

¹Mendelovo gymnázium v Opavě ²Gymnázium Nymburk ³Gymnázium Velké Meziříčí

¹pavla.beresova@seznam.cz, ²fandazajic@gmail.com,³veronikadeketova@seznam.cz

Abstrakt

Cílem projektu bylo změřit pomocí mikroindentoru tvrdost wolframového vzorku. Měření probíhalo na dvou různých přístrojích (OPL, CSM Instruments). Naměřené výsledky byly porovnány.

1. Úvod

V současné době se plánuje stavba tokamaku DEMO, prvního tokamaku, který by měl dodávat energii do sítě. Vnitřní stěna jeho komory bude z wolframu. Tento materiál byl vybrán z důvodu vysokého bodu tání, dobré tepelné vodivosti, nízké tepelné roztažnosti a stálosti mřížky při dopadu jiných částic. Má i některé nevýhody, například vysoké atomové číslo (pokud se část stěny dostane do proudu plazmatu, znehodnotí jej), vytváří oxidy, které narušují krystalovou strukturu a má značný odpor záření ionty. Jeho vlastnosti musí být studovány, aby mohly být předvídány případné defekty. My jsme se zaměřili na jeho tvrdost.

2. Metody a přístroje

Při určování tvrdosti jsme používali metodu indentace, která spočívá ve vtlačování hrotu indentoru známých parametrů do testovaného materiálu. Základním principem indentace je, že tvrdší materiál (indentor) zanechá v měkčím trvalou deformaci.

Používali jsme Vickersův indentor (Obr. 1), což je diamantový hrot tvaru pravidelného čtyřbokého jehlanu, jehož stěny svírají s vodorovnou rovinou úhel 22°. Tento hrot vytváří v materiálu vtisk čtvercového tvaru.

Z rozměrů tohoto vtisku se počítá tzv. Vickersovu tvrdost.

$$HV = \frac{2P}{u^2} \cos 22^{\circ}$$



Obrázek 1 - Hrot Vickersova indentoru [1]

Ta závisí přímo úměrně na zatížení P[kg] a nepřímo úměrně na kvadrátu délky úhlopříčky vtisku u[mm].

Tuto metodu jsme využili při prvních dvou měřeních. První spočívalo v manuálním odečítání délek úhlopříček na přístroji OPL. Při druhém toto odečítání probíhalo na obrazovce počítače, přičemž i samotný výpočet zpracoval software přístroje CSM Instruments. Měření na přístroji CSM Instruments bylo také zpracováno metodu Oliver-Pharr, která využívá závislost aplikované síly na hloubce vtisku.

3. Měření

Náš vzorek byl malý kvádr wolframu, zalitý do pryskyřice (viz. Obr. 2), obroušený a vyleštěný tak, aby byla vidět struktura materiálu v řezu. Vzorek měl na sobě praskliny, proto nebyl vhodný k vědeckým účelům, nicméně pro naše účely naprosto dostačoval, bylo jen nutné najít vhodné místo pro vtisk. To by mělo být bez kazů, příměsí a prasklin.



Obrázek 2 - Vzorek wolframu



Obrázek 3 - Fotografie vtisku

První měření probíhalo na starším přístroji OPL. Nejdříve jsme upevnili vzorek k přístroji, následně bylo nutné mikroskopem najít vhodné místo pro vtisk a to minimálně tři délky úhlopříčky od předchozího vtisku. Když jsme takové místo našli, umístili jsme na přístroj závaží a zapnuli jsme přístroj. Ten poté odaretoval váhy a vtlačil diamantový hrot do vzorku. Přístroj byl vybaven měřítkem na okuláru, pomocí kterého jsme odečítali délky úhlopříček vtisku. Na Obr. 3 je fotografie vtisku.

Provedli jsme tři série měření, pro váhy závaží 500g, 300g a 100g, v každé sérii jsme měřili úhlopříčky sedmi vtisků kvůli dobré statistice. Hodnoty se zapisovaly ručně do připravené tabulky. Následně se z průměrné hodnoty vypočítávala Vickersova tvrdost.

Druhé měření probíhalo na přístroji CSM Instruments obdobně, odečítání údajů však probíhalo na obrazovce počítače, který nám také Vickersovu tvrdost sám vypočítal.

Třetí měření prováděl počítač metodou Oliver-Pharr na základě grafu závislosti hloubky vtisku na zátěži. Tato metoda je ze všech nejpřesnější, neboť bere v úvahu nejen plastické, ale i elastoplastické vlastnosti materiálu.

P [g]	Měření č. 1 [HV]	Měření č. 2 [HV]	Měření č. 3 [HV]
100	401,92	394,82	459,99
300	366,89	375,73	422,49
500	394,99	360,22	408,50

Tab. 1 Výsledky měření



Obr. 4 Závislost aplikované síly na hloubce vtisku.

Z měření číslo tři jako výstup vycházejí také zátěžové křivky. Na nich je vidět, že materiál má i elastické vlastnosti, část deformace je vratná. Na Obr. 4 můžeme vidět průběh zatížení v závislosti na hloubce vtisku (h) pro 3 různé maximální hodnoty zatížení (P_{max}). Výsledky všech měření jsou v Tab. 1.

4. Shrnutí

Všechna tři měření nám vyšla srovnatelně, při třetím měření vyšly o něco vyšší hodnoty, než při prvních dvou. Bylo to způsobeno tím, že jsme používali metodu Oliver-Pharr, která bere v úvahu i elastickou složku. Nicméně všechny hodnoty jsou v tabelovaném rozmezí 350HV – 470 HV. Můžeme si povšimnout rozdílu tendencí tvrdosti, jež jsme naměřili na různých přístrojích. Pro přístroj CSM Instruments je tato tendence klesající. Může to být způsobeno uchycením vzorku v přístroji, pod kterým nebyla umístěna podložka, proto se mohl prohýbat a tím snížit hodnotu tvrdosti.

5. Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat všem, kteří se přičinili na uskutečnění našeho miniprojektu, především naší supervisorce Ing. Lence Kocmanové a hlavnímu organizátorovi TV@J Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc.

6. Zdroje

[1] http://www.flickr.com/photos/fluor_doublet/6864844960/

[2]Constantinides, G., at al, Grid indentation analysis of composite microstructure and mechanics: Principles and validation, Materials Science and Engineering A 430 (2006) 187-202

[3] W.C. Oliver, G.M. Pharr, An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments, J. Mater. Res., Vol. 7, No. 6 (1992) 1564-1583.

Simulace provozu JE typu PWR AP600

M. Zimmel¹, M. Filo², T. Sedláček³

¹SPŠ SE Dukelská 13, České Budějovice ²Gymnázium Český Brod, Vítězná 616 ³RG a ZŠ města Prostějova, Studentská 2

> zimmelmarek@gmail.com filo17@centrum.cz to.mas.se@seznam.cz

Abstrakt:

V naší práci jsme se zabývali simulací provozu jaderných elektráren a některých havárií. Na simulátorech si vyzkoušíme několik normálních, ale také kritických situací. Vždy existovalo více řešení vzniklých situací. Očekáváme, že bezpečnostní systémy nás nenechají překročit nebezpečné meze.

1 Úvod

Máme v úmyslu sledovat změny a reakce různé podněty, které může vyvolat operátor. K napodobení situace použijeme simulátor IAEA Generic Pressurized Water Reactor Simulator. Očekáváme, že systém nedovolí operátorovy dostat reaktor do nebezpečného stavu. Nasimulujeme bezpečnostní událost podobnou té z elektrárny Three Mile Island.

2 Reaktor PWR AP600

Tento reaktor nebyl realizován, ale vychází z něj model AP 1000. S tím se firma Westinghouse mimo jiné ucházela o zakázku na dostavbu JE Temelín. Tepelný výkon tohoto reaktoru je 1940 MW, elektrický 619 MW. Účinnost 35% je podobná ostatním druhům lehkovodních jaderných reaktorů. Používané palivové soubory jsou čtvercové, palivové proutky jsou ve čtvercové mříži. V tomto typu reaktoru je využito 264 palivových tyčí a 61 řídících tyčí. V nominálním stavu se teplota vstupní vody do reaktoru rovná 279,5 °C a teplota výstupní 315,6 °C.

V aktivní zóně je přítomno několik látek. Moderátor, který zpomaluje neutrony a umožňuje uskutečnění jaderné reakce (v AP 600 je moderátorem voda). Dále tam nalezneme absorbátor, který pohlcuje neutrony a tím zabraňuje nekontrolovatelnému jadernému štěpení.

Výkon reaktoru je přímo úměrný neutronovému toku, který je řízen absorbátory. Z hlediska krátkodobého lze reaktor ovládat pomocí řídících tyčí. Z dlouhodobého hlediska řídíme reaktivitu pomocí absorbátoru, kterým je v chladivu rozpouštěná kyselina boritá. Při řízení je nutné počítat se zpětnými vazbami.

Havarijní systémy na elektrárně jsou koncipovány tak, že v prvních fázích havárie není potřeba zásahu operátora. Oproti jiným typům reaktorů jsou zde ve větší míře přítomny také pasivní bezpečnostní prvky, které zajišťují vyšší bezpečnost.



Stavba jaderné elektrárny

Srdcem jaderné elektrárny PWR je jaderný reaktor, který ohřívá vodu v primárním okruhu. Teplá voda v parogenerátoru ohřívá pomocí teplosměnných trubek vodu sekundárního okruhu. Ochlazená voda primárního okruhu proudí do hlavního cirkulačního čerpadla a zpět do reaktoru. Voda sekundárního okruhu se přemění na sytou páru, která pokračuje do vysokotlakého dílu turbíny. Ve vysokotlakém dílu turbíny odevzdá pára podstatné množství své energie. Dále pokračuje ochlazená pára do separátoru-přihřívače, ve kterém je zbavena nabyté vlhkosti a přehřáta. Z něho je pára rozvedena do tří nízkotlakých dílů turbíny, ve kterých se přemění tepelná energie na mechanickou. Zbylá pára pokračuje do kondenzátoru. Kondenzát se nejdříve ohřívá v nízkotlaké regeneraci, následně vstupuje do napájecí nádrže. Odtud je napájecími čerpadly hnán do vysokotlaké regenerace a zpět do parogenerátoru a celý děj se opakuje.

Simulace

Napodobovali jsme různé situace normálního provozu i havarijní stavy. Mezi nimi například takové, které se odehrávaly při havárii elektrárny Three Mile Island.

Dále je popsán případ výpadku hlavních cirkulačních čerpadel. Tato čerpadla zajišťují cirkulaci chladiva v primárním okruhu. Tato porucha způsobila, zhoršení odvodu tepla z aktivní zóny, což pro zachování bezpečných parametrů vede k nutnosti snížení výkonu. Při této simulaci jsme pozorovali pokles výkonu reaktoru (tepelný i neutronový) a turbogenerátoru, tento pokles zajistily automaticky bezpečnostní systémy elektrárny, aby se

vypořádaly se sníženým odvodem tepla. Z průběhu výkonu reaktoru (viz obrázek) je patrno, že se nejedná o havarijní odstavení reaktoru, při němž by se ihned spustily všechny havarijní i regulační tyče.



Porovnání výkonu turbogenerátoru a reaktoru – časová prodleva

Systém snižuje výkon postupně, což je důležité kvůli tepelnému namáhání primárního okruhu a palivového systému.



Porovnání průtoku v poškozené smyčce a aktivní zóně

Druhý obrázek ukazuje změnu průtoku ve smyčce s odstavenými čerpadly i v celé aktivní zóně. Průtok klesá pomalu, ale nikdy se zcela nezastaví. Průtok druhou dvojicí čerpadel se díky změněným tlakovým poměrům v druhém okruhu mírně zvyšuje.

3 Shrnutí

Z provedených simulací vyplývá, že úroveň bezpečnosti jaderných elektráren je vysoká a v nových elektrárnách jsou eliminovány chyby, které nastaly v minulosti. Kromě simulace výše zmíněného případu jsme napodobovali také běžný chod reaktoru i dalších nestandartních situací. I když se jednalo o napodobení, nikoliv o skutečnou situaci, můžeme konstatovat, že většinu záležitostí řeší elektrárna automaticky, což do jisté míry snižuje možnost chyby způsobené lidským faktorem. Výsledky odpovídají naším očekáváním.

Poděkování

Za celý tým bychom rádi poděkovali všem organizátorům Týdne vědy a především našemu mentorovi Ing. Dušanovi Kobylkovi Ph.D., který nás seznámil s celou problematikou jaderných elektráren a jejich simulace.

Reference:

[1] *Nuclear.pl* [online] . [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: http://www.nuclear.pl/energetyka,ap600,0.html

[2] *Wikipedia.cz* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tlakovodn%C3%AD_reaktor

[3] Wikipedia.cz [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/VVER
[4] Cez.cz [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/koncepce_7.html

Š. Šindelář - Gymnázium Omská, Omská 1300/4 Praha 10 simi.einstein@gmail.com

Abstrakt

V rámci tohoto projektu jsme se zaměřili na teoretické fungování a později i praktické řízení jaderné elektrárny typu ABWR. Řízení takovéto elektrárny jsme si vyzkoušeli na simulátoru a to jak v nominálním stavu tak i v kritických či havarijních situacích.

1. Úvod

Tento projekt se týkal problematiky řízení moderního varného reaktoru (3. generace). Tento typ reaktoru je nejmodernější ze současně komerčně provozovaných a konstruovaných reaktorů a zatím byl postaven jen v technologicky velmi pokročilých zemích jako Japonsko.

2. Teorie 2.1. Reaktor ABWR

Jedná se o varný reaktor 3. generace s pouze jedním okruhem, což znamená, že voda přeměněná v páru v aktivní zóně a následně proudí přímo na turbínu. Výhodou tohoto systému je, že je levný, jednoduchý, potřebuje méně obohacené palivo a je zde vyvíjen nižší tlak i teploty, ale jeho nevýhodou oproti tlakovodnímu reaktoru je obsah mírně radioaktivního chladiva v celém oběhu elektrárny. A tedy jsou kladeny vyšší nároky na stínění a hermetičnost celého oběhu.

Jako palivo se využívá UO_2 mírně obohaceno izotopem U_{235} a lehká voda jako chladivo i moderátor. Funkci regulátoru neutronového výkonu zastává 205 tyčí vyrobených z B₄C které se sdružují do 8 skupin. Do reaktoru se zasouvají zespodu a jejich pohybem buď dovnitř nebo ven se dá významně ovlivňovat neutronový výkon reaktoru. Dalším systémem schopným silně ovlivňovat výkon je soubor 10 čerpadel, které zajišťují cirkulaci vody do aktivní zóny. Vlivem snížení suchosti parovodní směsi v aktivní zóně při zvýšení průtoku se zvyšuje moderace a tedy výkon samotného reaktoru.

Hrubý tepelný výkon takovéto elektrárny je 3990 MW a tedy nám při tepelném výkonu cca. 33% vyrábí přibližně 1330 MW elektrická energie z čehož si na vlastní provoz bere asi 30 MW, takže do sítě dodává přibližně 1300 MW.

2.2. Fungování reaktoru ABWR

Funkce elektrárny typu ABWR spočívá v Clausius-Rankinově cyklu. Což je teoretický uzavřený oběh, kde je k přeměnám energie využívána změna dané látky (většinou voda), která mění v průběhu děje svá skupenství, princip Rankin-Clausiova cyklu je patrný na obrázku č. 1. Ale jelikož má základní verze tohoto cyklu v praxi velmi nízkou účinnost (cca. 20%) tak je k němu přidáváno mnoho různých menších operací které tuto účinnost zvyšují. Patří mezi ně například: přihřívání, regenerační ohřev, binární oběhy atd. V praxi může vypadat realizace Rankin-Clausiova cyklu jako na obrázku č. 2



Obr. č. 1. Zjednodušený Rankin-clausiův cyklus [4]



Obr.č.2. standartní schéma Rankin-clausiova cyklu v dnešních elektrárnách [3]

3 Simulátor

Simulátor, který jsme používali sice není naprosto přesným modelem fungování elektrárny, ale i přesto bylo jeho ovládání velmi komplexní a zajímavé.

3.1. Řízení za nominálního stavu

Řízení v této situaci bylo z prováděných úloh nejjednodušší, ale i přesto se nejednalo o lehkou záležitost. V takovémto případě je možno využívat automatické řídicí systémy nebo se pokusit provést danou operaci manuálně. První z uvedených možností je velmi snadná a nebyl problém tímto způsobem plnit zadané úlohy. Problém nastal ve chvíli kdy bylo třeba například dostat reaktor na daný výkon manuálně, hlavně s použitím regulačních tyčí a reaktorových čerpadel. Během tohoto procesu jsme sledovali důležité veličiny reaktoru (tlak, teplota, výkon atd.).

3.2. Havarijní odstavení reaktoru

Havarijní odstavení reaktoru je jedna z typických rychlých přechodových dějů na elektrárně, při ní jsou velkou rychlostí vystřeleny regulační tyče do aktivní zóny reaktoru a tím je během pár vteřin zastavena štěpná řetězová reakce, jak je vidět v grafu č. 1. Důvodů kvůli nimž by reaktor byl tímto způsobem odstaven je více, například: Vysoký tlak v reaktoru, vysoká nebo nízká hladina vody v reaktoru, zemětřesení, vysoká teplota, atd.



Graf č. 1 Procentuální průběh daných veličin při odstavení reaktoru

3.3. Řízení za havarijního stavu

Řízení elektrárny za havarijního stavu je poměrně složité. Naštěstí se bezprostředně po překročení bezpečnostních limitů se aktivují automatické bezpečnostní systémy elektrárny a dojde k odstavení reaktoru. Velmi náročná část nastala, když přišel čas na obnovu reaktoru

z havarijního stavu zpět do nominálního. Dále můžeme vidět graf průběhu veličin ve zvolené havarijní situaci.



Graf č. 2 Průběh daných veličin při poškození turbíny a zablokování přepouštěcí stanice

4. Shrnutí

Během práce na simulátorech jsme si ověřili komplexnost ovládání a průběhu veličin sledovaných v celé elektrárně. Ve chvíli kdy lidský faktor nestačí reagovat na vyvíjející se situaci, zasahují automatické bezpečnostní systémy, které zabraňují překročení mezních stavů a nebezpečnému vývinu havárie. Zajímavé je, že v takovýchto situacích znamenají často zásahy operátora zhoršení stavu, který by systém sám vyřešil lépe. Pokud srovnáme ovládání ABWR a PWR tak se zdá že u ABWR je jednodušší. Dále se nám ukázalo, že bezpečnostní prvky moderních jaderných elektráren jsou skutečně na vysoké úrovni a tedy opakování nehod minulosti je velmi nepravděpodobné.

Reference

^[1]GE Hitachi. *ABWR Nuclear Power Plant* [online]. c2015. [cit.2015-06-16]. <<u>https://nuclear.gepower.com/build-a-plant/products/nuclear-power-plants-overview/abwr.html></u>

^[2]U. S. NRC. *Issued Design Certification - Advanced Boiling-Water Reactor* [online]. c2015 Poslední revise 25.2.2014 [cit. 2015-06-16].<<u>http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/design-cert/abwr.html></u>

^[3]Kobylka D. *Prezentace k týdnu vědy*, Praha, 2015

^[4] Wikipedie . Rankine cycle [online]. c2015 Poslední revise 11.6.2015 [cit. 2015-06-16].< https://en.wikipedia.org/wiki/Rankine_cycle>

Poděkování

Děkuji organizátorovy týdne vědy Vojtěchu Svobodovy a jeho týmu za hladký průběh celé akce. Dále bych rád poděkoval katedře jadrných reaktorů a supervizorovy našeho projektu Ing. Dušanu Kobylkovy Ph.D. za odbornou spolupráci a podporu.

Holografie V. Kabele, SPŠ SE Dukelská 13, Č. Budějovice; vit@kabele.me O. Hladík, Gymnázium Dr. Emila Holuba, Holice; ondra550@gmail.com J. Podloučka, SPŠ a VOŠT Sokolská 1, Brno; podlouckajan@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo vytvořit hologram, zachycující reálný prostorový předmět. Během experimentu jsme se seznámili s teorií a částečně i praxí výroby holografických prvků s využitím základních postupů. Poté jsme měli možnost zkusit si získané poznatky i v praxi a realizovali jsme reflexní hologram kopírováním z transmisního masteru. Obrazové hologramy představují v současné době pouze minoritní využití této technologie.

1. Úvod

Motivací k výrobě a zkoumání holografických prvků je jejich široké využití, v oblasti uchovávání prostorového obrazu, jako ochranných známek, či konečně jako velmi efektivního optického prvku použitelného v mnohých praktických aplikacích.

Technologie hologramů se od svého vzniku v roce 1947 postupně vyvíjela od klasických hologramů zaznamenávaných optickou cestou a díky nárůstu výpočetního výkonu počítačů v poslední době se posunula až k vytváření syntetických hologramů.

2. Holografie 2.1. Teorie

Hologram umožňuje komplexní záznam vlnoplochy, což znamená, že na rozdíl od fotografie uchovává nejenom informaci o energii vlny, ale také její fázi a směr, ve kterém na hologram dopadla. To znamená, že hologram je schopen zachovat trojdimenzionální charakter zobrazovaného objektu.

Abychom dosáhli kompletního záznamu vlnoplochy dopadající na záznamové médium, potřebujeme k vlnám přicházejícím od objektu přičíst referenční vlnu z koherentního zdroje [Obr. 1 a)], která s nimi svírá určitý úhel. Vlny v prostoru v místě záznamového materiálu interferují a na cílové ploše se zaznamenají v podobě nepravidelných mikroskopických proužků. Takto vzniklý hologram nazýváme master – primární hologram. Nevýhodou master hologramu je jeho neviditelnost v bílém světle. Pro získání obrazu jej musíme osvítit stejnou referenční vlnou jako při záznamu [Obr. 1 b)], což je pro praxi poněkud nepoužitelné. Vlna by musela pocházet ze stejného laseru.

Proto vytváříme reflexní kopii hologramu, která dokáže rekonstruovat obraz pouze pro úzké pásmo vlnových délek. Reflexní hologram dostaneme při dopadu referenční vlny z opačné strany záznamové desky.



Obr. 1. a) vznik transmisního hologramu b) rekonstrukce transmisního hologramu.

2.2. Experiment

Cílem našeho experimentu bylo vytvoření aparatury pro kopírování a následně realizace kopie master hologramu pozorovatelné na bílém světle.

Složení a příprava aparatury

Aparatura je složena ze zdroje (laseru), směrových zrcátek, "pinhole", objektivů, děliče a čočky [Obr. 2]. Aparaturu jsme složili na speciálním stole, který tlumí vibrace okolí.



Obr. 2. Schéma aparatury.

Postup při kopírování hologramu

Nejprve jsme si připravili aparaturu [Obr. 2; Obr. 3.]. Další podmínkou pro realizaci experimentu byly fotografické desky s emulzí, za jejichž přípravu vděčíme našemu garantovi. Desky s emulzí jsme ze strany bez emulze očistili a následně jsme opatrně, aby se nepoškrábala emulze, desku vložili do stojánku, umístěného na přesném místě na stole.

Místnost jsme zbavili rušivých světelných vlivů a ponechali pouze nerušivé zelené světlo. Vzhledem k miniaturním rozměrům difrakční mřížky je nezbytné, aby byla místnost, ve které se experiment provádí naprosto ustálená. Dokonce tak zdánlivě nepatrné vlivy, jako akustické vlny, nebo závan vzduchu mohou mít na výsledek destruktivní vliv. Proto jsme se na 10 minut přesunuli do druhé místnosti, kde jsme si připravili chemikálie pro další krok (vývojka, bělička). Potom se jeden z nás opatrně přesunul ke spoušti závěrky a po dalších dvou minutách závěrku otevřel. Naexponovanou desku jsme v další místnosti máčeli nejdříve dvě minuty ve vývojce a poté v běličce do odbarvení. Následně jsme nechali desku uschnout a ze strany s emulzí zalaminovali, aby nedošlo k jejímu poškození.



Obr. 3. Fotografie našeho vybavení.

3. Shrnutí

V průběhu experimentu jsme se seznámili se základy technik holografie a udělali jsme si základní povědomí o historii a současném stavu tohoto vědního oboru. Také jsme vytvořili několik reflexních hologramů. [Obr. 4.]



Obr. 4. Výsledný hologram po vyvolání.

Poděkování

Poděkování patří hlavně našemu garantovi Ing. Marku Škereňovi Ph.D. a všem, kteří se podíleli na organizaci Týdne Vědy.

Ozařování mincí

D. Dusík^[1], S. Gabrielová^[2], R. Rakašová^[3] Gymnázium Christiana Dopplera, Zborovská 45, Praha 5 – Smíchov, 150 00^[1]; Gymnázium Jírovcova, Jírovcova 8, České Budějovice, 371 61^[2]; Gymnázium Teplice, Čs. Dobrovolců 11, Teplice, 415 01^[3] <u>denis.dusik@gmail.com</u>^[1], <u>simcagab@seznam.cz</u>^[2], <u>r.rakasova@gmail.com</u>^[3]

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo zjištění materiálového složení kuvajtského dináru a padesáti haléřů českých za pomoci neutronové aktivační analýzy. Mince byly ozářeny na reaktoru VR-1 provozovaným ČVUT Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou. Samotná analýza proběhla na detektoru HPGe, který byl kalibrován pomocí ⁶⁰Co a ¹³⁷Cs.

1 Úvod

Naším cílem bylo zjištění prvkového složení dvou mincí. K tomu byla použita neutronová aktivační analýza užívaná od padesátých let minulého století. Ozářením zkoumaných objektů v jaderném reaktoru vznikají nuklidy emitující gama záření, které zachycuje a vyhodnocuje HPGe detektor.

2 Složení mincí

• Neutronová aktivační analýza

Princip analýzy spočívá v záchytu neutronu atomovým jádrem za vzniku aktivovaného nuklidu. Následné jaderné reakce jsou doprovázeny emitací gama záření o určitých energiích. Tyto energie jsou udávány v tabulkách^[1], využívaných při následné analýze.

• Provedení experimentu

Nejprve byly padesátihaléř a dinár připevněny s pomocí izolepy na plastový nosič, který byl poté spuštěn do reaktoru o výkonu 1E06, následně zvýšeného na 1E08 po dobu 25 minut. Pro zajištění radiační ochrany byly vzorky vytaženy 15 minut po odstavení reaktoru, kdy byla jejich aktivita již dostatečně nízká pro bezpečnou manipulaci. Mince byly dopraveny do laboratoře s HPGe (High-purity germanium) detektorem, s jehož pomocí bylo změřeno spektrum zkoumaných vzorků. Spektrum bylo analyzováno za pomoci programu Genni 2000. Nalezené energetické píky byly přiřazeny k jednotlivým izotopům na základě dat dostupných v databázi^[1].

• Výsledky

Spektrum padesátihaléře vygenerované programem Genni 2000 je zobrazeno na obrázku 1. Důležité píky jsou zaznamenány v tabulce 1. Podle nalezených píků byla stanovena přítomnost izotopů zapsaných v tabulce 2.



Obr. 1 - Spektrum padesátihaléře

Pík	Energie [keV]	Pík	Energie [keV]
1	511,73	8	1764,61
2	630,21	9	1810,74
3	834,12	10	2202,11
4	846,84	11	2491,77
5	911,09	12	2508,11
6	1368,49	13	2614,77
7	1460,82	14	2754,72

Tabulka 1 - Vybrané hodnoty energetických píků ze spektra padesátihaléře

Tabulka	2	-	Zjištěné	izotopy	v	padesátihaléři	(pořadí	neodpovídá	hmotnostní
koncentraci)									

Původní izotop	Vzniklý izotop	Píky
Fe-56/Mn-55	Mn-56	4, 9
Ga-71	Ga-72	2, 3, 10
Al-27	Na-24	6, 14

Spektrum kuvajtské mince vygenerované programem Genni 2000 je zobrazeno na obrázku 2. Důležité píky jsou zaznamenány v tabulce 3. Podle nalezených píků byla stanovena přítomnost izotopů zapsaných v tabulce 4.





14

15

16

Pík	Energie [keV]	Pík	Energie [keV]	Pík	Energie [keV]	Pík	Energie [keV
1	74,17	9	846,83	17	1332,33	25	2112,00
2	86,09	10	911,28	18	1345,82	26	2113,57
3	171,44	11	1020,41	19	1460,97	27	2147,02
4	172,88	12	1090,90	20	1481,83	28	2204,62
5	511,65	13	1115,39	21	1602,04	29	2448,81

1173,02

1238,02

1595,82

Tabulka 3 - Vybrané hodnoty energetických píků ze spektra kuvajtské mince

Tabulka 4 - Zjištěné izotopy v kuvajtské minci (pořadí neodpovídá hmotnostní koncentraci)

22

23

24

1764,76

1810,96

2012,00

30

31

32

2523,57

2615,40

2658,35

Původní izotop	Vzniklý izotop	Píky
Fe-56/Mn-55	Mn-56	9, 23, 26, 30
Cu-63	Cu-64	18
Ni-64	Ni-65	13, 20

• Diskuse

513,97

788,79

810,92

6 7

8

Úloha byla komplikovaná vzhledem k velkému počtu píků. Ne vždy k nim bylo možné prokazatelně určit příslušné izotopy. Další problematikou byla časová prodleva mezi ozářením a analyzováním mincí, protože během této doby došlo ke ztrátě některých izotopů s krátkým poločasem rozpadu. Příkladem může být ²⁷Mg s poločasem rozpadu 9,5 minuty, který již nebyl v našem druhém měření po 18 hodinách zjistitelný. Druhé měření proběhlo za účelem přeměření výsledků z prvního.

3 Shrnutí

Bylo zjištěno, že mince o hodnotě padesáti haléřů českých obsahuje hliník, galium a železo, pravděpodobně i malé množství manganu. Podle zdroje^[2] by měla tato mince obsahovat hliník a hořčík, zbylé prvky tedy budou příměsi či znečištění. Kuvajtská mince dle analýzy obsahuje měď, nikl a taktéž železo s manganem. Z dostupného zdroje^[3] lze usoudit, že by tato mince měla být složena buď z mědi a niklu, či z mědi a mosazi. Vzhledem k tomu, že v naší minci se zinek nevyskytoval, muselo se jednat o první možnost.

Poděkování

Zvláštní poděkování patří veleváženým inženýrům Filipu Fejtovi a Milanu Štefánikovi za velmi ochotnou pomoc, vysvětlení a celkové provázení projektem.

Reference:

- [1] URL < <u>http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/</u>> verze 2.0 [citováno 16.června 2015]
- [2] URL <http://www.zlate-mince.cz/CRO_50_h.htm> [citováno 16.června 2015]
- [3] URL <http://en.numista.com/catalogue/koweit-1.html> [citováno 16.června 2015]

Rozhodování strojů a za pomoci strojů (UI)

 $\begin{array}{c} {\rm Martin \ Gaier^1, \ Martin \ Janoch^2} \\ {\rm Střední \ průmyslová \ škola \ elektrotechnická, \ Havířov^1} \\ {\rm Gymnázium \ Omská, \ Praha^2} \\ {\rm m.gaier@seznam.cz^1, \ janochmartin@seznam.cz^2} \end{array}$

Abstrakt

Tento velice zajímavý projekt se zabývá vytvořením Bayesovské sítě, která na základě výstupních dat předpovídá konfiguraci vstupních parametrů. Měřili jsme čas a vzdálenost pohybu míčku spuštěného z nakloněné roviny s různými typy míčků, povrchů, nastavení rampy a v různých povětrnostních podmínkách. Data byla vložena do námi vytvořené sítě, čímž jsme naučili její parametry. Takto naučená síť byla otestována. Z naměřené vzdálenosti a času získaných z testovacích dat jsme určili pravděpodobnosti počátečních konfigurací. Shrnutí nabízí detailní přehled výsledků.

1 Úvod

V běžném životě jsou všechna naše rozhodnutí ovlivněna mnoha faktory, které obvykle nabývají různých náhodných stavů. Motivace převést tyto reálné situace do počítačových systémů je velká. Cílem tohoto projektu bylo využití Bayesovské sítě pro odvození parametrů modelu reálného experimentu z námi naměřených hodnot. Konkrétně šlo o pokusy s míčky různých typů, barev a velikostí, které jsme s pomocí různě nakloněné roviny uvedli do pohybu. Míčky se dále pohybovaly po různých podložkách, které se lišily materiálem s rozdílnými vlastnostmi, a díky tomu bylo možné různě kombinovat parametry, čímž bylo možné získat různá nastavení experimentu. Svou roli sehrály i povětrnostní podmínky.

2 Model sítě

Bayesovská síť je struktura podmíněné nezávislosti. Vychází ze vztahu opačné podmíněné pravděpodobnosti, který udává Bayesův vzorec.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Chceme-li vypočítat neznámou pravděpodobnost A podmíněno B, můžeme k tomu využít opačné podmíněné pravděpodobnosti. Díky tomu lze prohodit příčinu a důsledek (např. pokud chceme určit pravděpodobnou příčinu pádu letadla, použijeme k tomu známé podmíněné pravděpodobnosti pádu z důvodu selhání jednotlivých součástek).

K pokusu jsme využili řadu proměnných: typ míčku, povrch, náklon rampy a vliv prostředí. Na těchto proměnných byly závislé hodnoty času a uražené vzdálenosti. Výčet proměnných znázorňuje tabulka 1.

Míčky	Povrchy	Rampy	Vítr
Hopík	Koberec	Malý náklon	Aktivní
Skvošovák	Asfalt	Střední náklon	Neaktivní
Rachoťák	Dlaždice	Velký náklon	-
Basebalový	-	-	-
Tenisák	-	-	-

Tabulka 1: Stavy proměnných



Obrázek 1: Model sítě

Naměřená data byla zanesena do tabulkového procesoru a exportována do programu Hugin Researcher [1]. Na základě předpokládaných vztahů jednotlivých veličin byl v tomto programu vytvořen model Bayesovské sítě, který je zobrazen na obrázku 1. Model znázorňuje souvislosti mezi proměnnými. Tento model jsme pomocí 156 pokusných měření s využitím EM algoritmu naučili jeho parametry. Takto naučený model chceme využít pro vyvození pravděpodobného nastavení parametrů (míček, povrch. rampa, vítr).ze dvou známých veličin (času, vzdálenosti)

K otestování kvality sítě jsme využili 42 pokusných měření, která nebyla využita EM algoritmem k učení sítě. Při vložení naměřených hodnot do některých proměnných, program přepočítá pravděpodobnosti výskytu ostatních. Této funkce jsme využili zadáním proměnných času a vzdálenosti, pro zjištění ostatních parametrů jednotlivých měření.

Odhady modelu byly porovnány s reálnými testovanými údaji. Díky tomuto jsme schopni vypočítat přesnost odhadu u jednotlivých proměnných. Pro názornost uvádíme přesná data v tabulce 2. Nejvyšší úspěšnost byla zaznamenána u větru, kde se nám podařilo dosáhnout absolutní shody, tj. 100%. Naopak nejnižší byla schopnost detekovat jednotlivé míčky, což přikládáme velké podobnosti jejich vlastností. Jejich odlišnost by se zřejmě projevila při nasbírání většího množství dat. Velmi vysoká byla rovněž schop-



Obrázek 2: Vkládání dat do modelu

Míčky	Povrchy	Rampy	Vítr
33%	83%	61%	100%

Tabulka 2: Úspěšnost odhadu proměnných

nost rozpoznat terén. Přikládáme to rozmanitosti jednotlivých povrchů. Střední a vysoký náklon rampy měl na počáteční rychlost míčku podobný vliv, tudíž byla procentuální úspěšnost snížena na 61%. Úspěšnost správného odvození pro každou neznámou činí 69%.

Z důvodu časové náročnosti získávání dat bohužel nebylo možné nashromáždit větší množství případů, což by pravděpodobně zlepšilo funkci sítě. Dále mohla hrát roli nepřesnost měření a povětrnostní podmínky. I když není procentuální úspěšnost nejvyšší, model prokazuje dostatečnou přesnost výpočtu pravděpodobnosti i za ztížených podmínek.

3 Shrnutí

Podařilo se vytvořit plně funkční prototyp Bayesovské sítě, který splnil požadavky tohoto experimentu. Funkční model odvozoval námi naměřené hodnoty z adekvátní přesností. Výsledkem naší práce je 156 pokusů, jejichž výsledky byly použity pro učení sítě a dalších 42 pro její otestování. Úspěšnost správného určení proměnné byla 69%. Síť lze i nadále vylepšovat, a tudíž zvyšovat její přesnost.

Poděkování

Není možné slovy dostatečně ocenit pomoc ze strany Ing. Martina Plajnera, který celý projekt usměrňoval a vedl nás ke zdárnému výsledku. Děkujeme mu za prohloubení našich znalostí, ale i za poskytnutí laboratorních prostor a nástrojů pro experiment.

Reference

- Hugin Expert. HUGIN Researcher Software. http://www.hugin.com/index.php. 2015 [cit: 16-06-2015].
- [2] Hugin Expert. Stud Farm Example. http://www.hugin.com/technology/samples/stud-farm. 2015 [cit: 16-06-2015].
- [3] J. Vomlel. Uvod do Bayesovskych siti. http://staff.utia.cas.cz/vomlel/slides/presentacemedic-info-new-1250.pdf. 2008 [cit: 16-06-2015].
- [4] Bayesova věta. http://www.wikiskripta.eu/index.php/Bayesova_v%C4%9Bta. 2015 [cit: 16-06-2015].

Radioimunoanalýza

D. Nguyen Tuan¹, H. Ho Trong¹, H. Ho Thi My¹, V. Peterková², M. Doležalová³, V. Lukačko⁴

 ¹Gymnázium Teplice, Teplice, Čs. Dobrovolců 11; dasukinguyen@gmail.com, hanh1998@seznam.cz, brigadaprodva@seznam.cz
 ²Gymnázium a SOŠ Plasy, Plasy, Školní 281; peterkovav@email.cz
 ³Gymnázium Brno-Řečkovice, Brno, Terezy Novákové 2; mamde@seznam.cz
 ⁴Gymnázium Varšavská, Žilina, Varšavská cesta 1; v.lukacko1@gmail.com

Abstrakt:

V rámci našeho miniprojektu jsme pracovali s diagnostickou metodou, která se aplikuje v nemocnicích. Metoda využívá specifické vytváření vazeb mezi tyroxinem a jeho protilátkou. Ke stanovení vzniklého komplexu se využívá radioindikátor ¹²⁵I. Výsledkem práce je srovnání dvou různých metod určování koncentrace tyroxinu ve vzorku a posouzení vhodnosti využití v praxi.

1 Úvod

Radioimunoanalýza (RIA) je široce využívanou metodou pro stanovování látek o velmi nízkých koncentracích v tělních tekutinách. Vhodné jsou například krevní sérum, plazma, mozkomíšní mok či moč. Poprvé se v odborné literatuře (časopis Nature) o metodě zmiňují v listopadu roku 1959. Podrobnější popsání metody proběhlo o osm měsíců později v časopise Journal of Clinical Investigation. Článek obsahoval výsledky použití metody u 66 pacientů a 30 kontrolních vzorků. O rozvoj této metody se nejvíce zasloužili Rosalin Yalowová a Solomon Berson. [1]

RIA je dnes jednou z důležitých pomůcek při stanovení diagnózy např. rakoviny, onemocnění štítné žlázy. Prakticky můžeme stanovit každou látku, ke které známe protilátku. Protilátky jsou biomolekuly, u nichž v přítomnosti ionizujícího záření může docházet k destrukci či jejich modifikaci. Za nevýhodu může být považována změna imunoreaktivity značené protilátky.

Princip metody spočívá ve vytvoření specifické vazby mezi látkou a protilátkou. Reakční směs obsahuje stanovovanou látku (tyroxin, T), značenou protilátku (Y*) a bionitylovaný analog stanovované látky (ligand, L). Obě látky mají stejnou či podobnou schopnost se vázat s protilátkou a soutěžit o její vazbu, čímž vznikají komplexy T-Y* a L-Y*. Komplex L-Y* se naváže na stěnu zkumavky, která je potažená avidinem, a zbylý obsah zkumavky se odpipetuje. Čím více T je ve stanovovaném vzorku, tím méně vzniká komplexu L-Y*, a tedy celková aktivita vzorku je nižší. [2]

Nejčastěji se ke značení protilátek využívá radionuklidu ¹²⁵I, který se rozpadá elektronovým záchytem. *"Elektronový záchyt je izobarický proces, při kterém se chemická*

povaha prvku změní tak, že nastává posun v periodické tabulce do bezprostředně následující skupiny (doprava). "[3] Tento proces lze popsat následujícími rovnicemi:

$${}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y$$
(1)

$${}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{1}_{0}n + \nu$$
(2)

$$p\check{r}. {}^{125}_{53}I + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{125}_{52}Te$$
(3)

2 Stanovení volného tyroxinu

Materiál a přístroje

Byl použitý RIA set, který obsahoval protilátku proti tyroxinu ¹²⁵I (310 kBq k 8.5.2015), kalibrační roztoky volného tyroxinu o koncentracích 0 pM; 2,6 pM; 10,0 pM; 26,3 pM; 75,0 pM. Dále pak biotinylovaný analog tyroxinu (L) a vzorek o neznámé koncentraci.

Jako pomůcky byly použity zkumavky potažené avidinem, automatické pipety, kapátka, vibrační míchačka a stojánek na zkumavky. Aktivity jednotlivých vzorků byly měřeny na scintilačním detektoru CII CRC–55tW se studnovým krystalem (NaI(Tl)).

Metoda

Do jednotlivých zkumavek jsme postupně napipetovali 25 µl kalibračního roztoku o daných koncentracích včetně roztoku s koncentrací neznámou. Dále jsme přidali 400 µl radioindikatoru a 100 µl ligandu. Roztok jsme promíchali, následně jsme zkumavky uzavřeli parafilmem a umístili na vibrační míchačku, kde se po dobu 1 hodiny inkubovaly. Po ukončení inkubace jsme ze zkumavek odsáli kapalinu a na měřící soupravě změřili hodnoty pozadí a aktivit jednotlivých zkumavek.

Zkumavky pro standardy jsme označili čísly od 0 do 4 podle rostoucí koncentrace protilátky, zkumavky s neznámou koncentrací jsme označili X. Hodnotu celkové radioaktivity přidaného radioindikátoru jsme označili T, po inkubaci jsme žádný radioindikátor neodsávali.

Použili jsme dvě různé metody stanovení výsledku. Jejich srovnání je uvedeno v diskuzi.

Výsledky

Změřené aktivity jsou uvedeny v **Tab. 1** a **2**. Naměřené hodnoty aktivit a pozadí jsme zprůměrovali a následně odečetli průměr pozadí od průměru aktivit. Získané hodnoty jsou v **Tab. 1** a **2**

Zkumavka	0	1	2	3	4	X0	Т
Aktivita 1 [imp/s]	238	200	175	84	53	132	491
Aktivita 2 [imp/s]	240	202	173	84	52	130	488
Aktivita 3 [imp/s]	241	203	171	84	52	133	490
Průměr	240	202	173	84	52	132	490
Průměr pozadí				17			
Rozdíl průměrů	223	185	156	67	35	115	473

Tab. 1: Naměřené aktivity a vypočítané průměry experimentu 1

				Permis	premier.)				
Zkumavka	0.1	0.2	1	2	3	4	X1	X2		
Aktivita 1 [imp/s]	237	243	181	151	74	40	146	128		
Aktivita 2 [imp/s]	240	243	181	152	75	40	146	124		
Aktivita 3 [imp/s]	242	243	182	152	76	42	145	122		
Průměr	240	243	181	152	75	41	146	125		
Průměr pozadí		16								
Rozdíl průměrů	224	227	165	136	59	25	130	109		

Tab. 2: Naměřené aktivity a vypočítané průměry experimentu 2

Ze získaných průměrů aktivit a zadaných koncentrací jsme vypočítali vazebnost a logaritmus koncentrace na základě **rovnic 4** a **5**:

$$vazebnost = \frac{B}{T} \cdot 100\%$$
(4)
$$c \to \log(c)$$
(5)

kde *B* je průměr impulsů za sekundu vzorků a *T* je u experimentu 1 celková přidaná radioaktivita [imp/s] a u experimentu 2 aktivita standartu s nulovou koncentrací tyroxinu [imp/s] a *c* je koncentrace [pmol/l].

Vypočítané hodnoty jsou uvedeny v Tab. 3 a 4.

Tab. 3: Zpracované výsledky experimentu 1

Zkumavka	0	1	2	3	4	X0	Т
Koncentrace [pmol/l]	0	2.6	10	26.3	75	?	-
Průměr aktivit [imp/s]	223	185	156	67	35	115	473
Vazebnost (B/T) [%]	47	39	33	14	7	24	100
log (c)		0.415	1.000	1.420	1.875		

Zkumavka	0.1	0.2	1	2	3	4	X1	X2
Koncentrace [pmol/l]	0	0	2.6	10	26.3	75	?	?
Průměr aktivit [imp/s]	224	227	165	136	59	25	130	109
Vazebnost (B/T) [%]	100	100	73	60	26	11	58	48
log (c)			0.415	1.000	1.420	1.875		

Tab. 4: Zpracované výsledky experimentu 2

Pro grafické zpracování dat jsme použili koncentraci (c) v logaritmickém měřítku. Z uvedených hodnot pro vazebnost a logaritmu koncentrace jsme sestavili kalibrační **grafy 1** a **2** (uvedené na další straně).





Graf 1: Závislost vazebnosti komplexu L-Y* na koncentraci tyroxinu pro experiment 1

Graf 2: Závislost vazebnosti komplexu L-Y* na koncentraci tyroxinu pro experiment 2

Ze získaných závislostí vazebnosti na logaritmu koncentrace jsme dopočítali koncentrace tyroxinu v neznámých vzorcích podle rovnic uvedených v grafech (získali jsme hodnotu logaritmu koncentrace, kterou jsme převedli zpátky na koncentraci podle **rovnice 6**):

 $c = 10^a$ (6)

kde c je koncentrace tyroxinu ve vzorku [pmol/l] a a je logaritmus koncentrace. Použité hodnoty a výsledky jsou uvedeny v **Tab. 5**.

	2		
Zkumavka	X1	X2	X0
Vazebnost (B/T) [%]	58	48	24
log koncentrace	0.88	1.08	1.12
Tyroxin [pmol/l]	7.62	12.03	13.18

Tab. 5: Stanovená koncentrace tyroxinu v neznámém vzorku

3 Shrnutí a diskuze

Stanovení koncentrace vzorku X1 není přesné, protože nám spadl do zkumavky typ z automatické pipety. Z tohoto důvodu jsme výsledek do následujících úvah nezahrnuli. Skutečná koncentrace stanoveného vzorku byla $15 \pm 3 \text{ pmol/l}$ [4].

V rámci výpočtů jsme použili dvě různé metody a posoudili jejich vhodnost pro využití v praxi. Výsledky obou metod určování koncentrace tyroxinu jsou srovnatelné. I přestože kitu vypršela doba expirace, výsledky jsou v rámci chyby.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali FJFI za poskytnutí prostorů a techniky k práci na projektu. Dále bychom rádi poděkovali za pomoc a spolupráci vedoucím Ing. Petře Mičolové, Ing. Ekaterině Kukleva a Bc. Anně Bajzíkové.

Reference:

- [1] LABČÍK O.: 50 let Radioimunoanalýzy, Chem. Listy 103, 2009, pp. 847-869
- [2] SMRČEK S.: Návod k praktiku z radioimunoanalýzy, PřF UK v Praze, 2015
- [3] MAJER V.: Základy jaderné chemie, Nakladatelství technické literatury ALFA, 1981, pp. 74-75
- [4] BECKMAN COULTER: Návod k použití FT4 RIA KIT, Immunotech s.r.o., 2014

Koloidní zlato

Tradiční rekvizita alchymistů v minulosti – sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?

Dominika Jurdová

Gymnázium Velké Meziříčí, D.Jurdova@seznam.cz

Tereza Bautkinová

Gymnázium Botičská, tereza.bautkinova@gybot.cz

Katarína Čičová

Bilingválne slovensko-španielske gymnázium, katarina.cicova98@gmail.com

Abstrakt

Předkládaná práce se věnuje přípravě a charakterizaci koloidního zlata, neboli zlatých nanočástic rozptýlených ve vodném roztoku. Tyto částice jsou v současné době středem výzkumu pro svá možná uplatnění například v medicíně, či materiálovém inženýrství. Mezi hlavní přednosti zlatých nanočástic patří mj. optické vlastnosti laditelné velikostí a tvarem nanočástic. Hlavním cílem experimentu bylo ověření závislosti poměru stran syntetizovaných zlatých nanotyčinek (nanočástic tyčinkovitého tvaru) na optické projevy těchto roztoků. K charakterizaci připravených disperzí byl využit rastrovací elektronový mikroskop a optický spektrofotometr.

Úvod

Zlaté nanočástice člověka doprovází již po staletí. První zmínky pochází ze starověké Číny, kdy byly tyto koloidní roztoky pro svou rubínovou barvu považovány za zázračný elixír života. Ve středověku se zlaté nanočástice využívaly k barvení skla, které tak získalo sytě červenou barvu. Do 20. století byli lidé přesvědčeni, že jsou roztoky zlatých nanočástic schopny diagnostikovat řadu chorob, např. i syfilis. V současnosti je intenzivně studována možnost použití zlatých nanočástic v řadě aplikací, např. pro cílenou léčbu rakoviny, kdy je využívána silná absorpce světla nanočásticí a transformace této energie v teplo.

Vlastnosti koloidního zlata

Koloidní zlato představují malé nanočástečky zlata rozptýlené ve vodném roztoku. Takovýto systém má jedinečné optické vlastnosti způsobené interakcí dopadajícího světla s

vodivostními elektrony nanočástice. Tento jev je odborně nazýván jako lokalizovaná povrchová plazmonová rezonance. V prvním přiblížení se jedná o oscilace elektronového oblaku částice při excitaci dopadajícím elektromagnetickým zářením a projevuje se mj. rezonančně zesílenou absorpcí a rozptylem světla. Jev lokalizované povrchové plazmonové rezonance je silně závislý na velikosti a tvaru nanočástic. Např. roztok kulových zlatých nanočástic má červenou barvu z důvodu silné absorpce a rozptylu zelené složky světla. Pro nanotyčinky dochází k rozštěpení absorpčních pásů, a tak se barva roztoku může silně odlišovat. Tato skutečnost se tak stala předmětem našich experimentů.

Metodika

V našem miniprojektu byla k syntéze nanočástic použita metoda přerůstání zárodků. K přípravě byly použity následující chemikálie.

CTAB, cetyltrimethylamonium-bromid Stabilizuje nanočástice (zabraňuje jejich shlukování).

HAuCl₄, kyselina tetrachlorozlatitá Zdroj zlatých iontů.

NaBH₄, tetrahydridoboritan sodný a kyselina askorbová (AA) Silné a slabé redukční činidlo.

AgNO₃, dusičnan stříbrný

Modifikuje růst částic. Koncentrace ovlivňuje velikost poměru stran tyčinek.

Přístroj	Výrobce	Modelové označení
Rastrovací elektronový mikroskop	JEOL	JSM-7500F
Spektrofotometr	Ocean Optics	QE65000
Deuteriová lampa	Ocean Optics	DT – Mini

Při experimentech jsme využili následující přístroje:

Nejprve byli připraveny zásobní roztoky potřebných chemických látek v požadovaných koncentracích (viz Tabulka 1 a 2).

Dále byli připraveny několik nanometrů velké zárodečné částice – do CTAB byla přidána HAuCl₄ a výsledný roztok byl zahřát na 45°C ve vodní lázni. Následně byla snížena teplota roztoků na 25°C, aby se zárodečné částice tvořily rovnoměrně. Přidán byl NaBH₄, který inicioval růst zárodků. Po dobu jedné minuty byl roztok homogenizován silným promícháváním a následně jemně promícháván po dobu jedné hodiny.

Dalším krokem syntézy byla příprava růstového roztoku. Nejdříve byl CTAB, voda a HAuCl₄ smíchán a zahřát na 45°C, aby došlo k navázání zlatých iontů na micely CTAB. Po vyjmutí z tepelné lázně bylo do něj přidáno AgNO₃ a AA a zchlazen na 22°C.

Posledním krokem v přípravě zlatých nanotyčinek bylo přidání zárodků do růstového roztoku. Pro co nejhomogennější přidání byly nejprve pipetou vstříknuty do pěny vytvořené nad hladinou a následně byl roztok protřepán.

Růst nanotyčinek probíhal po dobu dvou hodin ve vodní lázni o teplotě 22°C. Průběžně byl však kontrolován a v případě nálezu zkrystalizovaného CTAB byl rychle uveden do lázně o teplotě 45°C a opět navrácen do lázně o teplotě 22°C.

Absorpční spektra roztoků byla měřena pomocí optického spektrometru v kyvetě o optické dráze 0,4 cm. Na grafu si lze povšimnout, že úměrně s příbytkem stříbra se tzv. podélný plazmonový pík posouvá do červené oblasti elektromagnetického záření. Tato skutečnost je zapříčiněna větším poměrem délky a šířky nanotyčinek.



Absorbční spektra vzorků

Odlišných rozměrů nanotyčinek bylo docíleno proměnnou koncentrací AgNO₃, přičemž bylo předpokládáno, že větší koncentrace AgNO₃ napomáhá k zvýšení poměru stran. Pro uchování totožného objemu všech vzorků byly růstové roztoky doplněny na 20 ml ultračistou vodou. Tyto skutečnosti jsou zaznamenány v tabulce 3.

Velikosti a tvary připravených částic byly charakterizovány pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Pro toto měření byly syntetizované roztoky nanotyčinek 100x naředěny – 990 µl ultračisté vody a 10 µl AuNRs. Dále byl na síťku s polymerní vrstvou (primárně určenou pro transmisní elektronový mikroskop) pipetou bylo naneseno 1 µl 100x naředěného roztoku nanočástic. Pro nejnižší hodnotu koncentrace vznikaly převážně částice kulového tvaru.





Střední délka	(47,6±7,2) nm
Střední šířka	(25,8±6,6) nm
Střední poměr stran	(2,0±0,6) nm





Střední šířka	(50,2±6,1) nm
Střední délka	(21,5±5,4) nm
Střední poměr stran	(2,5±0,7) nm





Střední délka	(55,5±5,7) nm
Střední šířka	(21,8±4,4) nm
Střední poměr stran	(2,6±0,651266) nm

Látka	Koncentrace	Objem
СТАВ	0,11 M	4,55 ml
Ultračistá voda	Х	137,72 µl
HAuCl ₄	101,82 mM	12,28 µl
NaBH ₄	10 mM	300 µl

Tabulka 1 - Parametry pro tvorbu zárodků

Látka	Koncentrace	Objem
СТАВ	0,11 M	18,2 ml
Ultračistá voda	X	variabilní
HAuCl ₄	101,82 mM	98,213 µl
AgNO ₃	10 mM	variabilní

AA	0,1 M	130 µl
Zárodky	Х	24 µl

Tabulka 2 - Parametry pro tvorbu růstového roztoku

Číslo vzorku	AgNO ₃	Ultračistá voda
AuNRs 1	10 µl	1582 µl
AuNRs 2	50 µl	1522 μl
AuNRs 3	90 µl	1482 µl
AuNRs 4	130 µl	1442 µl

Tabulka 3 - Přehled proměnných pro jednotlivé vzorky

Shrnutí

Charakterizací připravených zlatých nanotyčinek pomocí rastrovací elektronové mikroskopie byl potvrzen předpoklad, že v růstovém roztoku obsahujícího více AgNO₃, vyrostou nanotyčinky s větším poměrem stran. Tato skutečnost má zásadní vliv na optické projevy nanočástic, které byly ověřeny změřením absorpčních spekter roztoků, resp. jejich odlišnou barvou.

Poděkování

Děkujeme pánům Ing. Filipu Havlovi a Ing. Filipu Novotnému, Ph.D. za výborné vedení při zpracovávání miniprojektu a celému organizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce za realizaci této akce.

Reference:

- [1] NOVOTNÝ, F.:: *Koloidní zlato: sofistikovaný (nano)nástroj budoucnosti?*, dostupné na: http://www.tecnicall.cz/clanek/2012-01-zlato/, čerpáno 16. 6. 2015
- [2] HAVEL, F.: osobní sdělení

Zelené fluorescenční světlo odhaluje ionty uranu

Kateřina Limburská¹, Jan Šulc², Natálie Živná³ Gymnázium, Praha 2, Na Vítězné pláni 1160¹ Gymnázium, Praha 2, Botičská 1² První soukromé jazykové gymnázium, Hradec Králové, Brandlova 875³ <u>arnesis90@gmail.com, kackalimbur@gmail.com, jan.sulc@gybot.cz</u>

Abstrakt:

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se a pochopit princip metody pro detekci uranylových iontů v roztocích. Metoda je založena na principu indukované fluorescence pomocí laseru a ovlivněná časem. Celá laserová aparatura je sestavena z dvou nelineárních krystalů, která společně s optickým parametrickým oscilátorem (OPO) mění vlnovou délku podle toho, jak to určíme. Celý tento průběh vede impuls ke vzorku v kyvetě, kde dochází ke vzniku fluorescence. Během práce na miniprojektu jsme pochopili základní principy této metody a navštívili jedno z pracovišť, která se zabývají jadernou chemií.

1 Úvod

Naším úkolem bylo naučit se metodu pro stanovení koncentrace uranylových iontů v roztoku. Metoda je založena na fluorescenci, která je laserem časově rozlišená. Během měření dochází ke vzniku nanosekundových pulsů, které mají pro naše účely vhodnou vlnovou délku. Právě tyto pulsy mají za následek zvýšení energie uranylových iontů. Ty následně vybíjejí emise fotonů s vlnovou délkou spadající do zeleného spektra. Spektrometr toho světlo je schopen rozložit. Poté ho snímá ICCD kamera, která pošle do počítače výsledky k vyhodnocení. Tato metoda je podstatná pro detekci radioaktivních látek o nízké koncentraci v životním prostředí.

2 Experimentální část

• Metody měření

Na obrázku je zakreslené schéma, které se skládá z laseru, který generuje budící pulsy o vlnové délce 1064 nm, které jsou dána podle optické soustavy změněny na pro nás vhodnou vlnovou délku 414 nm. Pulsy následně dopadají na kyvetu se zkoumaným roztokem uranylu (1). Ten je vybuzen, následně vyzáří charakteristické fluorescenční záření (2). Záření je rozloženo pomocí optické mřížky (3) a získané spektrum je snímáno kamerou ICCD. Data jsou ukládána a zpracována v PC. Prošlé paprsky se zachytávají v beamstopperu (BS). Aby byla kamera a impulsy synchronizované, je použita synchronizační jednotka (SU).



Obrázek 1: Schéma měřící aparatury (Vetešník, 2007)

• Výsledky

V grafu je vidět spektrum uranylových iontů. Jednotlivé peaky leží v oblasti zeleného spektra světla.

Tabulka 1: Doba života peaků

Látka	Doba života [µs]	Hlavní fluorescenční vlnové délky [nm]
UO ₂ ²⁺	5,6	487, 510, 533, 560



Vlnová délka (nm)



Detekovaná spektra byla analyzována pomocí nelineární regrese v programu MATLAB. V grafu 2 je vidět výsledek rozkladu a poklesu intenzity uranylového iontu v čase. Křivka 1

odpovídá proložení poklesu šumu, křivka 2 poklesu uranylu. Křivka 3a (kostrbatá) značí detekovaný signál a křivka 3b odpovídá matematickému modelu (součet křivek 1 a 2).



Graf 2: Pokles intenzity fluorescence

3 Shrnutí

Výstupem naší práce je soubor dat, ze kterých byly vytvořeny grafy. Seznámili jsme se s metodou TRLFS (v Čase Rozlišená Laserem indukovaná Fluorescenční Spektroskopie). Tato metoda má využití při kontrole životního prostředí k detekci nízkých koncentrací uranylu a jeho chemických forem.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Mgr. Aleši Vetešníkovi, PhD. za jím poskytnutý čas, který nám věnoval při vysvětlování základních principů a při měření. Stejně tak bychom rádi sdělili své díky organizačnímu týmu Týdne vědy, že nám bylo umožněno se na takovém miniprojektu podílet.

Bibliografie

Vetešník, A. (2007). TRLFS. Praha, Česká republika.

Modifikace spekter částic médiem na experimentu ALICE v CERN

J. Dolejší¹

M. Robotková² Gymnázium dr. A. Hrdličky, Humpolec¹ Gymnázium Velké Meziříčí² j.dolejsak@seznam.cz¹ robotkova.m@seznam.cz²

Abstrakt:

Naším úkolem je analýza dat ze srážek protonů nebo olověných jader zachycených na detektoru ALICE v CERNu. Pokusíme se určit modifikaci energetických spekter pro různé typy srážek, která dokazuje vznik kvark-gluonového plazmatu při těchto srážkách. Výsledky našeho pokusu jsou zachyceny v grafech, které udávají různé vlastnosti srážek. Naše výsledky splňují teoretická očekávání, která jsme před experimentem měli.

1 Úvod

Detektor ALICE (A Large Ion Collider Experiment) je jedním z několika detektorů na urychlovači LHC (Large Hadron Collider) v CERNu. Mimo jiné zkoumá proton-protonové (pp) srážky a srážky olověných (PbPb) jader. Při PbPb srážkách může docházet ke vzniku kvark-gluonového plazmatu (QGP), což je speciální stav hmoty, k jehož zformování dochází při dostatečně vysoké hustotě energie. V tomto stavu se hmota pravděpodobně nacházela bezprostředně po Velkém třesku. Během našeho experimentu jsme se snažili popsat vlastnosti QGP na detektoru ALICE.

2 Modifikace spekter částic

Příčná hybnost

Veličinou, jež pomáhá k popisu srážek, je příčná hybnost p_T nabitých částic, která je složkou hybnosti částice v rovině xy kolmou k ose svazku z (směr pohybu srážených částic).

Centralita

Při srážkách olověných jader, která jsou mnohem větší než protony, je nutné uvažovat zmiňovanou geometrii srážky popisovanou srážkovým parametrem b, který vyjadřuje, jak moc se jádra při srážce překrývají. Na základě překryvu můžeme rozlišit srážky centrální (centralita 0-10 %), semicentrální a periferální. Při centralitě 100 % se jádra minou. Při srážkách rozlišujeme nukleony na tzv. participanty, které se srážky přímo účastní, a pozorovatele, které se srážky neúčastní. Čím nižší je centralita, tím více nukleonů se srážky účastní, a tudíž vzniká
teplejší kvark-gluonové plazma, které má díky své velké hustotě tlumivé účinky a pohlcuje některé částice vzniklé při srážce.

Jaderný modifikační faktor RAA

Jaderný modifikační faktor R_{AA} je veličina, která popisuje rozdíl mezi produkcí částic vzniklých při pp srážkách a srážkách olověných jader, u nichž je nutné přihlížet k odlišným geometriím srážky. Definice R_{AA} faktoru je

$$R_{AA} = \frac{Y(PbPb)}{\langle N_{coll} \rangle Y(pp)},\tag{1}$$

kde veličiny Y(PbPb) a Y(pp) označují počet částic vzniklých při dané srážce a $\langle N_{coll} \rangle$ je střední počet srážek nukleon-nukleon, ke kterým dochází při srážkách dvou iontů olova.

V případě, že nejsou k dispozici data z měření pp srážek, je možné místo nich použít data z periferních PbPb srážek. Tento faktor se pak nazývá R_{CP} .

3 Vlastní analýza dat

Vstupní data pro analýzu jsou data ze srážek na experimentu ALICE, která jsme následně analyzovali pomocí programu v softwaru ROOT. Software ROOT je analyzační prostředí používané v CERNu založené na C++. Náš program analyzoval data z přibližně 10⁷ srážek, která jsme následně zpracovali do několika grafů. Do grafů jsme zanesli data pro tři skupiny srážek podle centrality (0-10 %, 20-30 %, 50-60 %).

Výsledky analýzy

Na Obr. 1 je zobrazena závislost počtu srážek na centralitě a počtu drah v TPC, pro data ze srážek PbPb. Z grafu je patrné, že při nízké centralitě je počet zachycených částic ze srážky menší než při vyšší centralitě.



Obrázek 1: Naměřená závislost počtu srážek na centralitě a počtu drah v TPC, pro data ze srážek PbPb.

Obr. 2 udává průměrný počet vzniklých částic na jednu srážku s danou příčnou hybností. S nižší centralitou klesá počet částic s danou hybností, které vznikly. To je pravděpodobně způsobeno potlačením těchto částic kvark-gluonovým plazmatem.



Obrázek 2: Distribuce příčné hybnosti pt pro vybrané centrality.

Obr. 3 popisuje výsledný modifikační faktor v závislosti na příčné hybnosti, který vznikne vydělením distribucí na Obr. 2 (podle vzorce 1). Nejvyšších hodnot dosahuje přibližně při hybnosti 2 GeV/c u všech centralit. Jaderný modifikační faktor nenabývá hodnoty 1 a více, což potvrzuje účinek kvark-gluonového plazmatu. Nejnižších hodnot nabývá R_{AA} při nejnižší centralitě.



Obrázek 3: Závislost jaderného modifikačního faktoru RAA na příčné hybnosti pt.

Na Obr. 4 vidíme závislost R_{CP} faktoru na příčné hybnosti. Graf vypadá velmi podobně jako Obr. 3, nicméně hodnoty R_{CP} jsou vyšší než hodnoty R_{AA} .



Obrázek 4: Závislost R_{CP} faktoru na příčné hybnosti p_t.

4 Shrnutí

V našem experimentu jsme vyhodnocovali různé parametry srážek zachycených na detektoru ALICE v CERN. Výsledný jaderný modifikační R_{AA} faktor vycházel nejnižší pro malé centrality a jeho hodnota byla vždy menší než 1. Při vyhodnocování dat jsme tedy prokázali existenci kvark-gluonového plazmatu, které při srážkách vzniká, a také jsme naměřili jeho tlumící účinky, které se zvyšují se vzrůstající energií.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizoru Bc. Lukáši Kramárikovi za odborný dohled a také Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské při ČVUT, která nám umožnila tento projekt absolvovat.

Reference:

[1] Averbeck, R. et al.: Measurement of the nuclear modification factor R_{AA} with ALICE, Citováno: 16. 6. 2015, Dostupné z: http://www-alice.gsi.de/masterclass/

Studium podivných částic na experimentu ALICE

Václav Skála¹, Marek Raja², Eva Wohlgemuthová³

¹Gymnázium Jaroslava Vrchlického, Klatovy ²Gymnázium Bohumila Hrabala, Nymburk ³Gymnázium Litoměřická, Praha

> skala.vaclav96@seznam.cz RajaMarek@seznam.cz eva.wohlgemuth@seznam.cz

Abstrakt:

Tato práce se věnuje studiu podivných částic na experimentu ALICE. V rámci práce byly anylyzovány srážky proton-proton a olovo-olovo a vznik nových subatomárních částic obsahujících podivný kvark.

1 Standartní model částic

Standartní model částic je teorie, která popisuje silnou, slabou a elektromagnetickou interakci a elementární částice, které tvoří veškerou hmotu. Základní principy:

Zakladni principy:

- v přírodě se vyskytuje 6 druhů kvarků (u,d,s,c,b,t) a každý kvark má jednu ze tří barev, resp. antibarev.
- 6 druhů leptonů podle součastných znalostí dále nedělitelné
- všechny jevy lze vysvětlit pomocí 4 základních interakcí (slabá, silná a elektromagnetická)

Podivná částice je ta, která obsahuje alespoň jeden podivný kvark (s). Nejlehčím podivným mezonem je kaon.



Ilustrace 1: Standartní model částic 148

2 Detektor ALICE

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) je jedním z experimentu na LHC, který má za úkol zkoumat srážky protonů nebo jader olova. Na základě získaných dat lze studovat vlastnosti kvark - gluonového plazmatu, která existovala ve vesmíru v jeho raných fázích a je to jediné známé skupenství hmoty, kde se vyskytují volné kvarky. Detektor ALICE není schopen detekovat neutrální částice, proto jsou pro jejich studium důležité V0 body, což jsou místa rozpadu, ze kterých vychází 2 nabité částice, které už lze detekovat a zjistit jejich vlastnosti.



3 Teorie

Částice obsahující podivný kvark a které jsme sledovali:

- Kaon , který se rozpadá na 2 opačně nabité piony. $K_s^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
- Lambda, kteá se rozpadá na proton a záporně nabitý pion $\Lambda \rightarrow p^+ + \pi^-$
- Antilambda, která se rozpadá na antiproton a záporný pion $\Lambda \rightarrow p^{-} + \pi^{+}$

Jádra atomů neobsahují podivné kvarky, proto všechny podivné kvarky zjištěné na detektoru musejí vzniknout až při srážce. Množství vzniklých podivných částic závisí na podmínkách reakce, a proto vysoké množství podivných částic indikuje, že vznikly v kvark-gluonovém plazmatu.

4 Měření a výsledky

Zpracovávali jsme data, která byla naměřena na experimentu ALICE a byly vybrány srážky, při kterých vznikají podivné částice. Tyto srážky jsme zpracovávali v programu ROOT a zjišťovali počty jednotlivých částic při srážkách.

Podivné částice jsme určovali podle vzniklých, nabitých produktů, které je ALICE schopna detekovat. Zjišťovali jsme invariativní hmotnosti produktů, podle kterých jsme pak určili invariativní hmotnost původní částice. Podle hmotnosti částice a produktů jsem poté určili, o jakou částici se jedná nebo zda se jedná jen o pozadí.

Ve druhé části jsme nepracovali s jednotlivými srážkami, ale s celými soubory srážek.

Program zpracoval data a výsledkem byly histogramy, které zobrazovaly závislost množství částic na jejich hmotnosti. Z těchto histogramů jsme poté zjišťovali počty částic v pozadí a počty hledaných částic.

Program spočítal hmotnost nalezených částic, kterou jsme poté porovnávali se správnou hodnotou. Experimentálně ověřená hmotnost kaonu je 493,667 \pm 0,013 a námi zjištěná hmotnost je 497,574 \pm 0,106. Z těchto hodnot je patrné, že odchylka od skutečné hodnoty je minimální.



Ilustrace 3: Histogram hmotností

Histogram na obrázku 3 ukazuje rozložení hmotností detekovaných částic při srážkách Pb-Pb s maximální centralitou srážek. Podle zjištěné hmotnosti jsme zjistili, že toto naměřené maximum odpovídá částici kaon. V grafu je modrou barvou označeno pozadí a zelenou barvou označena Gaussova křivka, která označuje částice, které v rámci přesnosti spadají svojí hmotností do kaonů.

Počet hledaných částic je rozdíl počtu částic pod Gaussovou křivkou a pozadím.

Poměry hledaných částic jsme spočetli dle tohoto vzorce:

$$\frac{\Lambda + \overline{\Lambda}}{2K_s^0}$$

Srážky:

•	p-p	0,654
•	p-p	0,63

- Pb-Pb 0,476
- Pb-Pb 10-20% 0,253
- Pb-Pb 20-30% 0,235
- Pb-Pb 50-60% 0,239

Konkrétní zastoupení částic při srážkách Pb-Pb 10-20%.



Ilustrace 4: Graf zastoupení částic

5 Shrnutí

Při miniprojektu jsme zopakovali skutečnou práci fyziků v CERNu, jen s tím rozdílem, že my jsme zpracovávali jen pár tisíc strážek a analyzovali je ručně, ale vědci v CERNu k tomu používají nejvýkonnější počítače. Nicméně i na malém vzorku dat jsme ověřili, že při srážkách vznikne přibližně stejné množství Λ a $\overline{\Lambda}$. Také je vidět, že při srážkách p-p je mnohem větší podíl lambd oproti srážkám Pb-Pb.

Zkoumání kvark-gluonové plasmy pomocí podivných kvarků má využití při zkoumání velkého třesku, protože v tomto stavu se vesmír nacházel prvních 20µs své existence. Také nám tento výzkum možná přinese odpověď na otázku, proč jsou kvarky uvězněny a co způsobuje jejich hmotnost.

6 Poděkování

Rádi bychom poděkovali Vojtěchu Pacíkovi za vedení celého miniprojektu, příjemnou komunikaci a vstřícnost. A za pomoc při zpracování dat. Dále Ing. Vojtěchu Svobodovi za celkovou organizaci Týdne vědy a možnost nahlednutí do vědecké práce.

Reference:

http://alice.cern.ch/ http://alice.physicsmasterclasses.org/MasterClassWebpage.html

Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

Jiří Povolný, Gymnázium, Brno, třída Kapitána Jaroše 14

Jiří Baran, Masarykovo gymnázium Vsetín

Abstrakt

V této práci jsme se zabývali optickými vlákny, určováním jejich délky a dalších optických parametrů pomocí optické reflektometrie v časové doméně. Studovali jsme tři základní typy optických vláken, které se liší velikostí vlnovodného jádra a materiálem optického pláště.

Úvod

V poslední době dochází k rozšíření aplikačních možností optických vláken pro každodenní využití. Díky svým vlastnostem, jako je flexibilita, kompaktnost či imunita vůči extrémním přírodním podmínkám se optická vlákna používají především pro rychlý přenos velkého objemu dat na velké vzdálenosti.

Pro analýzu telekomunikačních tras se používá časově rozlišená reflektometrie (OTDR), která pracuje na principu měření časového intervalu mezi vyslaným světelným impulzem do vlákna a následnou registrací zpětně odražené intenzity od jednotlivých nehomogenit. Díky této metodě je možné určovat délky a útlumy libovolně dlouhých optických tras. Charakteristickým jevem OTDR záznamu jsou dvě Fresnelovy reflexe, které odpovídají začátku a konci optického vlákna. Výhodou této metody je, že pro její využití nám postačí pouze jeden konec vlákna.

V naší práci jsme měřili délku a útlumy tří odlišných optických vláken pomocí různých délek laserových pulsů na dvou telekomunikačních vlnových délkách.

Teorie

Optické vlákno je válcový dielektrický vlnovod, zhotovený nejčastěji z křemenného skla nebo plastu. Skládá se z jádra, jímž se šíří světlo pomocí totálních odrazů, a pláště. Světlo se do jádra optického vlákna naváže jen tehdy, pokud vstupuje pod definovaným, pro každé vlákno charakteristickým úhlem. Přenos světla ve vláknech ovlivňují i další parametry. Jedná se například o optický útlum, způsobený nehomogenitami materiálu, absorpcí, rozptylem nebo reflexí. Dalším jevem, který lze studovat u vláken je počet vidů. Vidy jsou zjednodušeně řečeno paprsky vedené vláknem. Rozlišujeme jednovidová a mnohavidová vlákna.

Měření

Měření sestávalo z přípravy a následné analýzy optických vláken. Ze vstupního konce jsme nejdříve odstranili polymerní ochranný obal a poté jsme pomocí řezačky provedli kolmý řez. Kvalitu tohoto řezu jsme si zkontrolovali na mikroskopu optické svářečky. Následně jsme vlákno připojili pomocí konektoru k přístroji Mini-OTDR E6000C značky Agilent. Tento přístroj vysílá pulsy na vlnových délkách 850 a 1300 nm. Laditelná šířka pulsu je od 5 do 100 ns. S pomocí přístroje jsme provedli řadu pokusů, při kterých jsme měnili jednotlivé parametry přístroje.

Výsledky a diskuse

Výsledky našich měření jsou shrnuty v tabulce 1.

	λ [nm]	Impuls [ns]	n	L [m]	Útlum [dB/km]
Jednovidové vlákno	1300	30	1,457	574,3	16,294
	1300	100	1,457	574,6	16,727
	850	30	1,457	574,3	18,658
	850	100	1,457	574,6	18,246
	850	5	1,457	575,1	13,076
	1300	5	1,457	572,5	16,686
Hybridní vlákno	850	5	1,457	394,2	20,789
	1300	5	1,457	neměřeno	17,452
	850	30	1,457	394,5	16,876
	850	100	1,457	394,6	17,001
Mnohovidové vlákno	850	5	1,457	44,5	20,881
	850	30	1,457	44,6	59,018
	850	100	1,457	44,5	72,684
	1300	5	1,457	44,5	198,415
	1300	30	1,457	44,5	215,456
	1300	100	1,457	44,5	308,381

Hybridní vlákna se používají výhradně pro kratší vlnové délky (850 nm), a proto nemá cenu měřit jejich vlastnosti při vlnové délce 1300 nm. Tento jev lze demonstrovat na obr 1, kde není vidět druhá Fresnelova reflexe, a proto nelze určit konec vlákna.



Obr 1: Srovnání reflexe u hybridního vlákna při různých vlnových délkách.

Délku pulsu musíme vybírat s ohledem na vstupní parametry vlákna a informace, které chceme zjistit. Kratší pulsy jsou výhodnější pro měření kratších úseků s větší přesností, zatímco delší pulsy umožňují měřit s větším dynamickým rozsahem. Z obr 2 lze vidět, že šířka pulsu mimo jiné ovlivňuje i šířku druhé Fresnelovy reflexe.



Obr 2: Srovnání OTDR záznamů pro dva různé pulsy.

Z tabulky 1 a obr 3, lze vidět skutečné délky námi studovaných vláken. Délku jednovidového vlákna jsme určili na 574,23(82) m, délku hybridního vlákna na 394,43(12) m a délku mnohovidového vlákna na 44,52(37) m.



Obr 3: Srovnání OTDR záznamů pro jednotlivá vlákna.

Závěr

Seznámili jsme se s různými typy optických vláken a naučili jsme se používat metodu časově rozlišené reflektometrie pro určování délky a útlumů optických vláken. Ověřili jsme si využití jednovidových, mnohovidových a hybridních vláken. V neposlední řadě jsme testovali vliv délky světelného pulzu a vlnové délky na naměřené výsledky.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat organizátorům TV@J (pan Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.) a našemu garantovi (pan Ing. Jan Aubrecht, Ph.D.).

Reference

1) E6000C Mini-OTDR User's Guide

Měření kosmického záření pomocí scintilačního detektoru

Vedoucí projektu: Jinřich Lidrych

Kamila Sedláková BAG8 Lukáš Melcher GCHD lmelcher1@gmail.com Jakub Kolář RG Prostějov

Abstrakt

Země je pod neustálou sprškou vysokoenergetických částic. Scintilační detektor je jednou z možností, jak toto záření určit a měřit. Detekuje částice sekundárního záření, především miony a dokážeme pomocí něj spočítat jejich rychlosti. Výzkum těchto částic byl hlavním úkolem této práce.

1 Úvod

Všichni víme, že jsme stále bombardování těžko představitelným množstvím částic, které velmi obecně nazýváme kosmickým zářením. Nikdo neví, odkud se bere, ale je tu. V následujících řádcích si můžete přečíst postup naší práce a výstupy z ní.

2 Kosmické záření

Pod pojmem kosmické záření si lze představit vysokoenergetický proud částic pocházejících z kosmu. Dle vzniku částic dělíme kosmické záření na galaktické a sluneční. Zatímco u slunečního záření známe jeho zdroj, tak u galaktického nejsme dodnes schopni jednoznačně určit jeho původ. Hlavní část kosmického záření je tvořena protony. Zbytek, okolo 10 procent, je tvořen jádry hélia, těžších prvků a neutríny. V průběhu pronikání těchto částic k povrchu Země dochází k interakcím s okolními částicemi atmosféry. Důsledkem těchto interakcí je vznik částic, které nazýváme sekundární kosmické záření. Mezi tyto částice vyznačující se krátkou dobou života řadíme např. piony kaony či miony.

3 Detekce kosmického záření

Předmětem našeho bádání byla detekce sekundárního záření, konkrétně mionů. Použili jsme k tomu scintilační detektor. Výhodou tohoto výběru byla provozní nenáročnost, kompaktnost a cenová dostupnost.



Obr. 1 - Schéma scintilačního detektoru

Výše uvedený obrázek příhodně znázorňuje děje, ke kterým v průběhu měření dochází. Na levé straně obrázku je naznačena trajektorie mionu (μ), která protíná oba detektorové bloky. Jakmile mion projde scintilačním blokem, způsobí uvolnění fotonů, které jsou ve fotonásobiči přeměněny na elektrický signál. Díky použití diskriminátoru jsme schopni odfiltrovat signál způsobený částicemi procházejícími pod nevhodným úhlem. Na níže uvedeném grafu, který se nám zobrazil na osciloskopu, je patrná časová odchylka obou křivek způsobená rozdílným časem průchodu mionu v jednotlivými bloky. Z časů mezi průchody bloky detektoru a známé vzdálenosti bloků jsme schopni vypočítat rychlost částice.





Obr. 2 – Graf na osciloskopu

4 Výsledky měření

Podařilo se nám detekovat částici, nicméně vzhledem k technické závadě jsme nemohli zjistit její rychlost.



Obr. 3 - Fotografie osciloskopu s naměřeným grafem (data pouze z jednoho bloku)

5 Závěr

V průběhu práce jsme se seznámili s problematikou detekce kosmického záření. To se nám podařilo detekovat, avšak jsme nedokázali určit jeho rychlost.

6 Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Jindřichu Lidrychovi za maximální snahu, vstřícnost a trpělivost.

7 Reference

[1] ČVUT, FJFI, Conceptual design report, Detektor doby letu, Praha 2015

[2] Lidrych, J. Měření kosmického záření pomocí scintilačního detektoru, prezentace 2015

Normální Zeemanův jev

J.a Hrčířová, Ondřej Knopp, Vojtěch Novák G. Jaroslava Vrchlického, G. Třeboň, G. Omská janikpotter@gmail.com, hadob43@gmail.com, toamatanui.cz@seznam.cz

16.6.2015

Abstrakt

Jedna z nejdůležitěchších fyzikálních konstant je Bohrův magneton, μ_B . Velikost μ_B jsme nepřímo měřili z pozorování Normálního Zeemanova jevu na kadmijové výbojce. Tento jev jsme pozorovali dvěma podobnýma způsoby a za pomocí jedno jsme byli schopni určit správnou velikost μ_B na dvě platné číslice.

1 Úvod

Normální Zeemanů jev popisuje rozštěpení několika degenerovaných energetických hladin atomu na ten samý počet různých energetické hladiny při vystavení atomu slabému externímu magnetickému poli. Toto rozštěpení se dá pozorovat na vyzařovaném spektu daného atomu, neboť po umístění atomu do slabého magnetického pole se změní i frekvence fotonů vyzářených po excitaci elektronu. Pozorování spektrálních čar vyzařovaného spektra, v tomto případě ve vyzařovaného spektra kadmiové výbojky, kde původně osamocené spektrální čáry se štěpí na tři.

Bohrův magenton je považován za důležitou fyzikální konstantu neboť

$$\mu_B = -\frac{e \cdot \hbar}{2 \cdot m_e}$$

kde *e* je náboj elektronu, \hbar je redukovaná Plankova konstanta a m_e je hmotnost elektronu. Zde je vidět, že popisuje tři jiné velice důležité fyzikální komstanty a proto je velice užitečné znát jeho velikost.

2 Metodika

Hlavní podstatou měření velikosti Bohrova magnetonu bylo změřením přibližné velikosti magnetického pole B, které působilo na kadmiovou výbojku. Dále jsme musili zjistit velikost změny energie příslušící nějaké energetické hladině $\Delta E = h \cdot \Delta \nu$, kde h je známá Plankova konstanta a $\Delta \nu$ je rozdíl ve frekvenci fotonu excitovaného z nově vzniklé hladniny vůči hladině původní, tedy před udání kadmia do magnetického pole. Pro změnu energie pak také platí vztah $\Delta E = \mu_B \cdot B$, takže hodnota Bohrova magnetonu je

$$\mu_B = \frac{\Delta E}{B} = \frac{\Delta \nu \cdot h}{B}$$

2.1 Aparatura

Pro obě metody měření jsme použili stejnou aparaturu. Tato aparatura se skládá z kadmiové výbojky, dvou magnetických cívek, mezi které byla výbojka umístěna tak, že na její pozici bylo generováno magnetické pole. Mezi ní a pozorovacím aparátem byla vytvořena soustava čoček, jenž sloužila k zaostření světla prvně na Fabry-Perotův etalon a pak zpět na pozorovací zařízení. Fabry-Perotův etalon je optické zařízení jenž propouští skrz sebe světlo o různých vlnových délkách pouze pokud na něj toto světlo dopadá při určitém úhlu, který závisí právě na jeho vlnové délce. To pak v pozorovacím zařízení vytváří obrazec složný ze soustředných kružnic, kde každá z těchto kružnic má jiný poloměr a přísluší jiné vlnové délce vyzařovaného světla. Dále se zde nacházel červený filtr, s jehož pomocí jsme byli schopni odfiltrovat pouze ty vlnové délky světlna, na nihž bylo pozorování Normálního Zeemanova jevu možné. Dále jsem při měření na této aparotuře používali polarizační filtr s jehož pomocí se nám podařilo odfiltrovat jednu z pozorovaných spektrálních čar a tak jsme dosálhli lepší rozlišovací schopnosti při rozlišování druhých dvou spektrálních čar.

2.2 Metoda digitální

Světelný obrazec ústící z aparatury byl zpracován za pomocí CCD kamery a přísluěného softwaru VideoCom Intensities. Tento program interpretoval vytvořený obrazec tak, že vytvořil graf, který na horizontální ose zobrazoval úhel, ve kterém světlo prošlo Fabry-Perotova etalonu a na ose vertikální intenzitu tohoto světla. Za pomocí těchto dat se dá vypočíst i frekvence daného fotonu.



Obrázek 1: Graf závislosti intenzity světla na poloměru kružnice

Tento graf je už pro rozstěpené energetické hladiny. Graf je samozdřejmně skoro symetrický neboť pro každou kružnici dané frekvence jsou zde dva píky. Zde jsme tedy pozorovali rozdíl mezi dvouma píky nejblíže středu soustředných kružnic. S pomocí tohoto údaje dokážeme zjistit rozdíl frekvencí mezi fotony vzniklými po emitaci elektronů z jedné z

nově vzniklých enegetických hladin vůči elektronu excitovaného z hladniny původní. Tuto hodnotu získám tak, že rozdíl frekvencí fotonů příslušící dvěma píkům nejbližě středu, které přísluší jiným frekvencím podělím dvěma. Následovně samotnou kalkulaci provedl přednastavený program VideoCom Intensities.

2.3 Metoda anologická

V tomto případě jsme místo kamery použili okulár s měřítkem uvnitř a následovně jsme pak sami pozorovali vzniklý obrazec. Z tohoto obrázku jsme pak za pomící měřítka zjistili poloměry kružnic příslušících nově rozštěpeným energetickým hladinám. Pak pomocí vzorce jsme odhadli rozdíl frekvencí

$$\Delta \nu = \frac{c}{2 \cdot d \cdot n} \cdot \frac{\delta}{\Delta}$$

kde c je rychlost světla, $d=4\,\mathrm{mm}$ a n=1.457jsou parametry příslušící našemu Fabry-Perotově etalonu, δ je rozdíl poloměru nově vzniklé kružnice po zapůsobení magnetického pole od původního poloměru této kružnice, před zapůsobením magnetickým polem. Δ je rozdíl poloměrů dvou vedlejších různých kružnic na obrazci před zapůsobení magnetickým polem. Jak δ tak Δ jsme měřili na škále s nejmenším dílkem o 0.1 mm avšak nakonec je jednotka pouze otázkou přesnosti neboť Δ a δ jsou ve zlomku.

2.4 Magnetické pole B

Měření magnetického pole jsme prováděli teslametrem, který jsme umístily na pozici kadmiové výbojky, která je mezi dvěma cívkama.

3 Výsledky

Následující tabulka popisuje závislost magnetického pole na proudu hnaného do cívek, který jsme přímo ovládali.

I[A]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5
B [mT]	60	120	180	230	300	350	380	400	430	440

Z těchto datových bodů jsme vytvořili fit polynomu 2. stupně, protože kvůli zahřívání cívek tato úměra není lineární. Předpis použitého fitu je $B=-3.3I^2+79.8I-23.9$, Výsledek získaný první metodou je $\mu_B=6.04\cdot10^{-05}\,{\rm eV}\cdot{\rm T}^{-1}$. Tento výsledek, jenž nám vypočítal program VideoCom Intensities podle předem nastavených vzorců, je polovinou hodnoty uvedené v grafu, který vyjadřuje závislost mezi změnou energie a velikostí magnetického pole. Výsledek druhého postupu měření se rovná $\mu_B=5.711\cdot10^{-05}\,{\rm eV}\cdot{\rm T}^{-1}$. Hodnotu jsme získali z matematického vztahu popsaného v teorii.



4 Diskuze

Naměřené hodnoty Bohrova magnetonu byly velmi podobné tabulkové hodnotě této konstanty. První měřící metodou pomocí programu VideoCom Intensities nebyl výsledek tak přesný jako výsledek získaný metodou, při které jsme měřili poloměry hladin, jež při pozorování na spektroskopu představují kroužky. Hodnota naměřené konstanty se lišila od kvůli chybám měření, ale tyto chyby jsou vzhledem k účelu našeho experimentu zanedbatelné.

5 Závěr

Naměřili jsme hodn
ty Bohrova magnetonu první metodou $\mu_B = 6.04 \cdot 10^{-05} \, \mathrm{eV} \cdot \mathrm{T}^{-1}$ a druhou metodou
 $\mu_B = 5.711 \cdot 10^{-05} \, \mathrm{eV} \cdot \mathrm{T}^{-1}$.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat především našemu supervisorovi Bc. Radku Novotnému a FJFI za umožnění naší práce.

Reference

[1] CVUT. Praktika, Zeemanův Jev. http://praktikum.fjfi.cvut.cz/course/view.php?id=22.

Základy ekonofyziky

T. Boček¹, G. Špeldová² ¹Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14 ²Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady

¹tadeas.bocek@seznam.cz, ²gspeldova@seznam.cz

Abstrakt:

Naším cílem je definovat alterativní způsob analýzy časových řad akcií na finančních trzích. K tomu nám slouží tzv. Hurstův exponent, který popisuje míru stálosti vývoje cen akcií. V článku byly porovnány Hurstovy exponenty pro časové řady akcií IBM a indexu S&P 500 a bylo ukázáno, že S&P 500 má Hurstův exponent fluktuující blízko ½ (Brownův pohyb).

1 Úvod

Chování finančních trhů je složitý, těžko předvídatelný systém. Většina osob pohybujících se v oboru ekonomie se zabývá technickou analýzou pro předvídání vývoje trhu na burzách.

Naším cílem bylo se seznámit s metodou, která dokáže lépe určit budoucí stav akcií. K tomu nám slouží Hurstův exponent a náhodná procházka. Za použití prostředí pro statistické výpočty R-project a dat ze serveru finance.yahoo.com jsme vytvořili několik grafů popisujících průběh akcií několika firem.

2 Náhodná procházka a Hurstův exponent

Náhodná procházka je fyzikální problém, který spočívá v náhodném 1D pohybu do stran. Nechť se člověk J nachází v bodě x=0, pravděpodobnost pohybu doprava je p. Pravděpodobnost pohybu doleva je 1-p. Podle počtu a velikosti kroků můžeme určit jaká je pravděpodobnost výskytu J v daném bodě x, kterou označíme p(N,x), kde N je počet kroků a x je poloha J. Pro dostatečně malé kroky a dostatečně velký počet kroků můžeme pravděpodobnost aproximovat Gausovým rozdělením (viz [1]), jehož poloha vrcholu je závislá na velikosti p. Pokud p<0,5, vrchol Gausovy křivky se posouvá doleva od počátku. Pokud p>0,5, tak se posouvá doprava. Ve spojitém případě závisí poloha na čase t, který nahrazuje počet kroků a toto rozdělení popisuje tzv. Brownův pohyb [2] (v teorii náhodných procesů je analogií Wienerův proces [3]). Brownův pohyb byl poprvé pozorovaný biologem Robertem Brownem, který sledoval chování pylových zrnek na vodě.

Při přeškálování pravděpodobnosti Brownova pohybu x $^{23}_{11} \alpha x$ a zároveň t $^{23}_{11} \alpha^2 t$ dostáváme rozdělení, které je stejné jako původní graf (viz obr. 3). Tato vlastnost se nazývá soběpodobnost, která je typická pro objekty známé jako fraktály [4] např. list kapradiny nebo

Kochova vločka. V případě Brownova pohybu je Δx úměrná $(\Delta t)^{\frac{1}{2}}$, kde H = $\frac{1}{2}$ je tzv. Hurstův exponent, který nám říká, jak moc se rozplývá graf polohy s časem; tedy čím větší je Hurstův exponent, tím větší odchylky můžeme v čase pozorovat. U obecných procesů není Hurstův exponent roven ¹/₂, ale mění se s daným typem časové řady a s charakteristickým obdobím. Ve finančních řadách můžeme sledovat případy více různých Hurstových exponentů. Při exponentu větším než ¹/₂ můžeme vypozorovat delší trendy (stoupání, klesání), při exponentu menším než ¹/₂ jsou trendy kratší, rychleji se měnící. Naším cílem bylo zjistit Hurstovy exponenty časových řad různých firem (obr. 1). Samozřejmě se Hurstův exponent mění i v rámci jednoho grafu, proto jsme rozdělili časovou linii do několika sekcí, pro které jsme zvlášť určovali exponent. Na grafech můžeme vidět srovnání akcií IBM a indexu S&P 500. Je patrné, že S&P 500 má stálejší Hurstův exponent a to pravděpodobně z důvodu zahrnutí 500 nejobchodovanějších akcií na burze. Je vidět, že Hurstův exponent akcií IBM prudce osciluje, což poukazuje na nestandardní chování.







Obrázek 1: Srovnání Hurstova exponentu pro akcie IBM a index S&P 500.



Obrázek 2: Bollingerovy pásy jsou jedním ze základních indikátorů změn. Indikují střední odchylku od trendů. Pokud se cena akcií bude dotýkat Bollingerových pásů, znamená to, že není ve svém obvyklém režimu a roste (resp. klesá) mnohem více než je předpokládáno.

Kromě klasických indikátorů, jako např. Bollingerovy pásy (obr. 2), může Hurstův exponent sloužit jako další indikátor změn cen akcií. Pokud je Hurstův exponent vysoký, tak akcie na burze konstantně stoupají nebo klesají, ale když je nízký, tak si akcie přibližně udržují svoji hodnotu. Standartní hodnota Hurstova exponentu se pohybuje kolem 0,5, pak máme klasický režim Brownova pohybu. Nejsou zde žádné korelace mezi stoupáním a klesáním ceny akcií.

Tento způsob by se dal použít dále při sestavování finančních modelů odpovídajích vývoji na finančních trzích. Naše práce zahrnovala pouze zkoumání dat, ale dalo by se to dále rozvíjet na předpovídání budoucího vývoje.



Obrázek 3: Reprezentativní trajektorie Brownova pohybu. Při dosazení do pravděpodobnosti Brownova pohybu za x dosadíme α x a za t dosadíme α^2 t, tak dané rozdělení je stejné jako původní graf.

3 Shrnutí

Byly analyzovány data ze serveru finance.yahoo.com a bylo vytvořeno několik grafů vývojů cen akcií za posledních 8 let, na nich byly aplikovány různé typy analýzy finanční řad, které byly provedeny v programu R-project.

Poděkování

Poděkování Ing. Janu Korbelovi za vědeckou, psychickou a morální podporu v rámci dvoudenní práce na vybraném tématu s ekonomickou tématikou.

Reference:

- K. Heger, V. Větrovec. Náhodné procházky aneb náhoda je blbec. In: Týden vědy na Jaderce: Sborník příspěvků, FJFI ČVUT v Praze, 2010
- [2] *Wienerův proces*, Wikipedie: Otevřená encyklopedie, <u>http://cs.wikipedia.org/wiki/Wiener%C5%AFv_proces</u>
- [3] *Brownův pohyb*, Wikipedie: Otevřená encyklopedie, <u>http://cs.wikipedia.org/wiki/Brown%C5%AFv_pohyb</u>
- [4] *Fraktál* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, <u>http://cs.wikipedia.org/wiki/Frakt%C3%A11</u>

Generování náhodných čísel založené na radioaktivním rozpadu

Petr Hotovec Petr Matouš Karlínské gymnázium, Praha 8 <u>Petrmatous13@seznam.cz</u> <u>Petrhotovec10@gmail.com</u>

Abstrakt:

Hlavním cílem našeho projektu bylo vyzkoušet si vygenerovat vlastní náhodná čísla za pomocí generátoru náhodných čísel na principu radioaktivního rozpadu. Sestavili jsme měřící aparaturu a pokoušeli se vyčíst nějaká čísla v binární soustavě. Bohužel se objevila řada problémů hlavně s ukládáním binárních kódů a následným převedením do dekadické soustavy. Na příkladném souboru jsme viděli jak z bitového kódu udělat čísla a zároveň jsme si ověřili, že jsou dostatečně náhodná.

1 Úvod

Naše skupina se zabývala generováním náhodných čísel a použitím tohoto tématu v praktickém životě. S generováním náhodných čísel se setkáváme téměř denně, stačí zapnout počítač a už jen jeho ochrana spočívá hlavně na náhodných číslech. Další oblasti použití jsou například šifrování, simulace fyzikálních procesů, nebo hazardní hry. Už za druhé světové války se šifrovalo pomocí náhodných čísel a tato metoda se používá i v dnešní době, i když je na daleko vyšší úrovni. Vygenerovaná čísla se děli na *pseoudonáhodná* a *náhodná*. Pseudonáhodná tvoří členy složitých matematických posloupností. To znamená, že se s určitou pravděpodobností opakují. Zatím co náhodná tvoří neopakující se, nebo nepravidelně opakující se čísla.

2 Základní pojmy a vztahy 2.1 Radioaktivita

Radioaktivní rozpad je proces přeměny těžkých nestabilních jader na lehčí stabilnější. Radioaktivní zářiče se dělí podle typu vyzařované částice na alfa (jádro helia), beta (elektron a pozitron) a gama (foton). Fyzikální výklad rozpadů byl možný až s příchodem kvantové mechaniky a kvantové teorie pole.

Radioaktivní rozpad je náhodný proces a pravděpodobnost přeměny n jader za 1 vteřinu je dána vztahem

$$\mathbf{P}(n) = A^n \,\mathrm{e}^{-A} \,/n! \tag{1}$$

kde A je aktivita vzorku, to je průměrný počet částic přeměněných za 1 vteřinu.

2.2 Generování náhodných bitů

Generování bitů se zakládá na měření doby mezi detekcí jednotlivých rozpadů zobrazených na osciloskopu. Čas mezi detekcí dvou po sobě jdoucích rozpadů je náhodná veličina, nebo pravděpodobnost (1) pro dostatečně velké vzorky nezávisí na počtu již přeměněných jader. Vygenerování jednoho bitu vzniká ze čtyř pulzů (viz obrázek č.1). Čas T_1

může být se stejnou pravděpodobností delší nebo kratší než čas T_2 . Pravidla pro generování bitů zní:

- Je-li $T_1 > T_2$ pak generovaný bit je 0.
- Je-li $T_1 < T_2$ pak generovaný bit je 1.

•Je-li $T_1 = T_2$ (dané konečnou vzorkovací frekvencí datového sběru) = událost za hodinu Z důvodu lepší vyváženosti jedniček a nul je vhodné použít John von Neumannův dekorelátor, který odebírá dvojice bitů a nahrazuje je podle následujících pravidel:

- Je-li dvojice bitů 00 nebo 11 pak se bity zahodí.
- Je-li dvojice bitů 01 pak výstupní bit je 0.
- Je-li dvojice bitů 10 pak výstupní bit je 1.



Obrázek č. 1: Výstupní signál z detektoru

2.3 Uspořádání experimentální sestavy

K vytvoření pokusu je zapotřebí: Zářič, scintilační detektor, přizpůsobovací člen, vysokonapěťový zdroj, konektorový blok, datová sběrna a PC (viz obrázek č.2). Zářič vyzařuje záření do scintilačního detektoru, kde je energie záření převedena na elektrický impulz. Dále musíme zapojit přizpůsobovací člen, do kterého z jedné strany vede záření a z druhé strany napětí cca1000V a konektorový blok. Následuje datový sběrač, který zprostředkovává data a ukládá je do PC, kde se na ně v podobě časového průběhu pulzů můžeme podívat.



Obrázek č. 2: Zapojení soustavy

2.4 Platnost hypotézy

Hodnoty náhodných veličin se dělí na Gaussovo, Poissonovo, Cauchyho a uniformní atd. Kvůli tomu, že nikdy neměříme nekonečné množství hodnost, ale pouze jejich část, nelze na 100% říci, z kterého rozdělení naměřená data pocházejí. K testování hypotéz potřebujeme alternativní hypotézu H_a a testovací hypotézu H_0 . Při rozhodování o zamítnutí, nebo schválení hypotézy H_0 mohou nastat tyto případy.

- 1. Platí H_0 a naše rozhodnutí je nezamítnout H_0 .
- 2. Platí H_0 a naše rozhodnutí je zamítnout H_0 (dopouštíme se chyby prvního druhu).
- 3. Platí H_a a naše rozhodnutí je nezamítnout H_0 (dopouštíme se chyby druhého druhu).

4. Platí H_a a naše rozhodnutí je zamítnout H_0 .

Nulová hypotéza je ta, jejíž zamítnutí na principu chyby prvního druhu je závažnější. Díky tomu můžeme určit, s jakou pravděpodobností se dopouštíme této chyby.

2.5 Ukázka našich výsledků

Ověřili jsme, že počet rozpadů za jednotku času je skutečně náhodná veličina, která se řídí normálním rozdělením (viz obrázek č. 3).

Z náhodných bitů jsme sestavili 8bitová čísla a sestavili je do prostoru (viz obrázek č.4). Čísla rovnoměrně vyplňují celý prostor na rozdíl od pseudonáhodného generátoru, kde by čísla tvořila pouze navzájem oddělené paralelní roviny. Dalším krokem mělo být testování hypotéz náhodnosti generovaných bitů pomocí sady statistických testů sady Diehard. To se bohužel nezdařilo.





(v) (o) (x)

Obrázek č. 4: Náhodná čísla v prostorovém grafu

100

3 Shrnutí

X (:

Za pomocí aparatury pro detekci gama záření jsme sestavili generátor náhodných čísel. Seznámili jsme se s grafickým programovacím jazykem Labview, který byl použit k naprogramování systému sběru dat.

Náhodnost generovaných sekvencí jsme alespoň částečně ověřili vykreslením do prostorového grafu (viz obrázek č.4).

Poděkování

Poděkování Vojtěchu Svobodovi za organizaci týdne vědy a Janu Rusňákovi za konzultace a pomoc při realizaci projektu.

Reference:

[1] The marsaglia random number cdrom including the diehard battery of tests of randomness,

www.stat.fsu.edu/pub/diehard.

[2] National Instruments. Labview user manual,

http://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf.

[3] National Instruments. Ground loops and returns, http://www.ni.com/white-paper/3394/en/.

[4] National Institute of Standards and Technology Computer Security Resource Center. Random number generation,

http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/rng/index.html.

[5] Robert G. Brown (rgb). Dieharder: A random number test suite,

www.phy.duke.edu/~rgb/General/dieharder.php

Měření spektra gama záření scintilačním počítačem

M. Feiferová

T. Jirsa

M. Vránová

Karlínské gymnázium, Praha

Gymnázium Na Pražačce, Praha

Karlínské gymnázium, Praha

markulinda123@gmail.com

tomas.jirsa123@gmail.com

mary.vranova@gmail.com

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo měřit hodnoty gama záření emitované radioaktivními prvky a následně je porovnat s hodnotami v tabulkách.

Úvod

Zabývali jsme se gama spektrokopií, což je disciplína, která měří a vyhodnocuje spektra gama zářičů. Gama spektrokopie je využívaná v dozimetrii a jaderné fyzice. Určuje nám vlastnosti zdrojů gama záření a strukturu energických hladin jader.

Historie gama záření

Záření gama objevil francouzský chemik a fyzik Paul Ulrich Villard roku 1900 při studiu uranu. Pomocí aparatury, kterou si sám sestavil, pozoroval, že není ohýbáno magnetickým polem.

Napřed se soudilo, že záření gamma má stejné vlastnosti jako α a β . Britský fyzik William Henry Bragg roku 1910 dokázal jeho vlnový charakter tím, že gamma ionizuje plyn obdobně rentgenovému záření.

V roce 1914 Ernest Rutherford a Edward Andrade dokázali, že záření gama je druh elektromagnetického záření.

Princip scintilačního počítače

Scintilační počítač je přístroj k zjištění jednotlivých částic nebo energie vyzářené radioaktivními zdroji. Po dopadu fotonu gama do scintilační látky vznikají elektrony, které jsou detekovány a posléze analyzovány.

Gama záření

Je to elektromagnetické vysokoenergetické záření s energii vyšší než 100keV. Zdroje gama

záření můžeme charakterizovat spektrem, neboli grafem závislosti počtu impulsů na energii.

Scintilace

Jev, při kterém vznikají slabé světelné záblesky v některých látkách při dopadu ionizujícího záření. Je způsoben přenosem energie dopadajícího záření na vyzáření scintilačních fotonů.

Fotoefekt

Při fotoefektu předá foton všechnu svou energii elektronu v elektronovém obalu ato mu. Tento elektron je emitován skinetickou energií danou rozdílem předané energie a vazebné energie na dané hladině. Uvolněný elektron se bude chovat jako částice záření beta minus a ionizovat další atomy. Na jeho původní místo deexcitu je jiný elektron za emise charakteristického záření, které může dále interagovat s elektronovým obalem a uvolnit tzv. Augerův elektron.

Měření

Pomůcky

Scintilační detektor, olověné destičky, počítač (Excel/Calc, Gnuplot), zářiče

Postup

Ze začátku jsme měřili pozadí (záření které procházelo místností, např. kosmické záření,



nistnosti, např. kosmické záření, záření radioktivních látek v okolí...). Všechna měření trvala 10 minut.



Poté jsme změřili spektrum zářiče.





Poté jsme museli spočítat převod Channelů na keV. Poté jsme znovu vykreslili grafy, nyní již s keV.



tabulkami.



Závěr

Prováděli jsme devět měření, jedno měření pozadí, čtyři známé prvky(⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ¹³³Ba), tři měření se stínidly (Pb destičky o tloušce 1,7mm) a jeden neznámý prvek. Pomocí naměřeného spektra neznámého prvku a tabulek jsme zjistili, že se jedná o izotop sodíku ²⁰Na. Tím jsme si vyzkoušeli metody měření pomocí scintilačního detektoru.

Zdroje

[1] LNE – LNHB/CEA Table de Radionucl eides - INEEL /R. G. Helmer

[2] Wikipedia – Gamma ray. [online]. 2014-01-31. Dostupn'e z: https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_ray

[3] KNOLL, G. F. Radiation Detection and Measurement. 2000.

[4] Krejčí V.: scintilační detektory, 2002 http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadlenkova/Scintilacni%20detektory.pdf

Jak elektron k náboji přišel

M. Kofroňová*, P. Veselá**, L. Kuneš*** Gymnázium Příbram Legionářů*, GOB Telč**, Gymnázium Prachatice*** marketa.kofronova@seznam.cz, pavlavesela1@seznam.cz, kunamars@seznam.cz

Abstrakt

Náš projekt se zabýval způsoby měření měrného náboje elektronu. Nejprve jsme využili účinku přímého magnetického pole a následně pole nepřímého. K tabulkové hodnotě se nám podařilo velice dobře přiblížit.

1 Úvod

Měrný náboj elektronu je fyzikální konstantou určenou podílem elektrického náboje a hmotnosti. To jsou rovněž fyzikální konstanty, ovšem za reálných podmínek nezměřitelné. Možnost experimentálního měření měrného náboje byla proto zásadní pro bližší určení vlastností elektronu. Poprvé toto měření provedl J. J. Thomson, který využíval ohybu dráhy elektronu v magnetickém poli. Za tento ohyb je zodpovědná Lorentzova síla. Naše skupina se pokusila tento experiment zopakovat a z naměřených hodnot určit měrný náboj elektronu.

2 Teoretický úvod

Během měření jsme využívali Lorentzovu sílu, která působí na částice letící magnetickým polem. Tato síla je určena vztahem

$$\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B} \tag{1}$$

Velikosti této síly jde pak vyjádřit jako

$$|\vec{F}| = evB\,\sin\alpha.\tag{2}$$

Jelikož jsme ale pracovali pouze s částicemi pohybujícími se kolmo k magnetickému poli, rovnal se ve všech případech sin α jedné, a nemuseli jsme ho tedy brát v potaz. Dále jsme využili toho, že Lorentzova síla v každém okamžiku směřuje do středu kružnice, odpovídající dráze částice. Je tedy rovna síle dostředivé. Pokud tyto dvě síly dosadíme do rovnosti, získáme

$$evB = \frac{mv^2}{r}.$$
(3)

Úpravou této rovnosti se během pár kroků dostaneme k vyjádření úhlové rychlosti pomocí magnetické indukce a měrného náboje:

$$\omega = B \frac{e}{m}.\tag{4}$$

Ze zákona zachování energie platí:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}},\tag{5}$$

čehož využijeme k dosazení do předešlé rovnosti. Několika úpravami posléze získáme vyjádření měrného náboje v příčném magnetickém poli, kterého využijeme při zpracování naměřených hodnot:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2}.\tag{6}$$

Při měření měrného náboje v podélném magnetickém poli musíme brát v úvahu, že elektrony musí urazit vzdálenost $l = vT = \frac{2\pi v}{\omega}$. Lorentzova síla působí pouze na kolmý průmět rychlosti elektronů. Poté pro měrný náboj platí:

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 l^2}.\tag{7}$$

3 Experimentální uspořádání

3.1 Měření v příčném poli



Obrázek 1: Schéma zapojení aparatury pro úlohu 2, pohled shora.

Použili jsme již sestavenou aparaturu a zapojili ji dle schématu na obrázku 1. Aparatura sestávala z Helmoltzových cívek, katodové trubice uzavřené v baňce, která byla naplněná zředěným vodíkem. Po zapojení bylo možné v baňce pozorovat trajektorii elektronů, která byla podle otočení katodové trubice kružnicová, šroubovicová nebo přímková. Během experimentu jsme hodnoty veličin U a I libovolně volili a průměr d = 2r trajektorie elektronů odečetli na zrcadlovém měřítku umístěném těsně za katodovou trubicí.

3.2 Měření v podélném poli



Obrázek 2: Uspořádání elektronové optické soustavy obrazovky a trajektorie elektronů při zaostření podélným magnetickým polem.



Obrázek 3: Schéma zapojení aparatury pro úlohu 1.

V této části jsme již sestavenou aparaturu zapojili podle obrázku 3. Tato aparatura sestávala z katodové trubice, zaostřovací soustavy, solenoidu a osciloskopické obrazovky (obrázek 2). Při měření jsme nejprve nastavili pomocné napětí na A_1 na hodnotu okolo 150 V. Poté jsme si na zdroji vysokého napětí nastavili hodnotu urychlovacího napětí U. Následně jsme sledovali obraz na obrazovce a otáčeli regulátorem proudu. V momentě zaostření svazku elektronů do malého bodu jsme odečetli hodnotu proudu I na ampérmetru A.

4 Vypracování

	1 [4]	a /ma [C/k=*1040]
υ[κν]	Γ[A]	e/m [C/kg*10^9]
0,90	4,70	157,53
1,20	5,05	181,94
0,75	4,50	143,21
1,00	4,75	171,37
0,70	4,60	127,91
0,83	4,60	151,66
0,95	4,60	173,59
1,50	5,50	191,73
0,80	4,60	146,18
1,11	4,90	178,75
1,40	5,35	189,12
1,07	4,90	172,31
1,02	4,80	171,18

Obrázek 4: Naměřené hodnoty - Měření v podélném poli
.U - napětí; I - proud; $\frac{e}{m}$ - měrný náboj. Pátou hodnotu v tabulce j
sme do zpracování dat nezahrnuli, jelikož oproti ostatním hodnotám j
de o hrubou chybu

Naměřená hodnota měrného náboje z měření v podélném poli je $\frac{e}{m} = (175 \pm 27 \pm 7) \cdot 10^9$ C/kg, kde první chyba je statistická a druhá chyba je systematická.

I[A]	U [V]	d [cm]	e/m [C/kg*10^9]
1,00	100	8,20	195,06
0,80	180	14,10	185,54
0,80	120	11,60	182,76
0,75	150	13,45	193,34
0,85	100	9,50	201,14
0,95	85	6,40	301,58
1,10	90	8,20	145,08
1,19	77	7,10	141,47
0,92	180	14,30	136,40
0,55	110	15,50	198,51

Obrázek 5: Naměřené hodnoty - Měření v příčném poli. I - proud; U - napětí; d - průměr kružnice; $\frac{e}{m}$ - měrný náboj. Z důvodu velké odchylky v porovnání s ostatními získanými daty jsme vynechali šestou hodnotu

Z tohoto měření je naměřená hodnota měrného náboje $\frac{e}{m} = (166 \pm 19 \pm 2) \cdot 10^9 \text{ C/kg}$, kde první chyba je statistická a druhá chyba je systematická.

Pro zajímavost jsme vyzkoušeli nalézt hodnotu měrného náboje pomocí lineární regrese. K tomu jsme využili rovnici (7), z níž jsme vyjádřili závislost napětí na kvadrátu proudu. Tato závislost by měla být lineární. Ze směrnice přímky je možné určit měrný náboj.

Touto metodou vyšla hodnota $\frac{e}{m}=261\cdot 10^9~{\rm C/kg}.$



Obrázek 6: Závislost U na I^2 , určení $\frac{e}{m}$ pomocí lineární regrese.

5 Shrnutí

Tabulková hodnota měrného náboje elektronu je 175, 88 · 10⁹ C/kg. První metodou nám vyšla hodnota $\frac{e}{m} = (175 \pm 27 \pm 7) \cdot 10^9$ C/kg, druhou metodou vyšla hodnota $\frac{e}{m} = (166 \pm 19 \pm 2) \cdot 10^9$ C/kg. První výsledek se hodnotě z tabulek těsně blíží, na druhou stranu při pohledu na odchylky zjistíme, že u něj dochází k velkému rozptylu hodnot. Pořád je ale v porovnání s ním druhé měření velmi nepřesné. Chybovost by se dala přičítat zastaralé technice a subjektivnímu vnímání momentu, kdy dojde k zaostření. Z lineární regrese vyšla hodnota $\frac{e}{m} = 261 \cdot 10^9$ C/kg, která vychází pouze řádově.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Zbyňku Nguyenovi za nedocenitelnou pomoc při měření a zpracování dat, dále pak FJFI ČVUT za přístup k přístrojům, které byly pro uskutečnění experimentu nezbytné. V neposlední řadě děkujeme i celému organizačnímu týmu Týdne vědy.

Reference

- Z. Horová Demonstrace základních vlastností šíření vln na datech umělých družic. http://fyzweb.cz/materialy/hvizdy/hvizdy_cele.pdf. 2007, online, cit. 16.6.2015.
- [2] Kolektiv KF FJFI ČVUT *Měrný náboj elektronu*. http://praktikum.fjfi.cvut. cz/mod/resource/view.php?id=201, online, cit. 16.6.2015.
Po stopách Alberta Michelsona, Marina Mersenna a dalších

J. Dvořák, Gymnázium Botičská, Praha 1, dvorak1430@seznam.cz
K. Rydlo, Gymnázium Dobruška, Krystof.Rydlo176@gmail.com
V. Mikeska, Gymnázium Františka Palackého, Valašské Meziříčí, vasek.mikeska@seznam.cz

Abstrakt

Jednou z nejznámějších a nejpoužívanějších rychlostí je rychlost zvuku, již jsme měřili pomocí Quinckovy trubice a Helmholtzova rezonátoru. Druhou důležitou rychlostí je rychlost světla, kterou jsme proměřili za užití metody Foucaultova rotujícího zrcadla.

1. Úvod

Rychlost zvuku je rychlost šíření mechanického vlnění o slyšitelné frekvenci látkou. Jelikož závisí na kvalitě vazby mezi atomy, je odlišná pro různá prostředí. My se zajímámé o rychlost zvuku ve vzduchu. Quinckova trubice funguje na principu interakce zvukových vln. Rozdělíme-li zvukovou vlnu do dvou různě dlouhých trubic, které se opět spojují, dorazí zvuková vlna z delší trubice později. Tyto zvukové vlny mohou spolu různě interagovat v závislosti na fázích, ve kterých se potkaly. Krajními situacemi jsou minima resp. maxima, která vznikají při střetu vln opačné fáze resp. stejných fází.

Druhým možným způsobem, jak změřit rychlost zvuku, je za užití Helmholtzova rezonátoru, kde se využívá rezonance mechanického vlnění plynů v uzavřené dutině. Jedná se zde o tlumený jev, kdy naplníme dutinu vzduchem a posléze dochází k periodickému unikání a následnému nasávání vzduchu z trubice a zpět do ní. To vše díky změnám tlaku v dutině.

Roku 1675 dánský astronom Olaf Römer díky znalostem parametrů dráhy a rozměrů Země, Jupitera a jeho měsíce Io dokázal, že je rychlost světla konečná. My jsme se pomocí Foucaltova rotujícího zrcadla pokusili jeho rychlost přesně změřit. Vyslali jsme svazek paprsků z laseru a pomocí čoček, mezi nimiž byl mikroskop pro následné měření, jej zaostřily na rotující zrcátko. Od tohoto zrcátka se paprsek odrazil na pevně položené zrcadlo 4 metry vzdálené, jež paprsek odrazilo zpět. Než se však paprsek stihl vrátit, rotující zrcátko se pootočilo a my na mikroskopu viděli čáru místo tečky, z jejíž délky, frekvence rotace zrcátka a vzdálenosti pevného zrcadla jsme vypočítali rychlost světla.

2. Postup měření

I. Zvuk

Rychlost zvuku ve vzduchu je závislá na teplotě vztahem $v=(331,57+0,607.t) m.s^{-1}$. Pro teplotu 25°C během našeho měření by měla být přibližně 347 m.s⁻¹.

Quinckova trubice

V tomto měření jsme měřili vlnovou délku zvuku o různých frekvencích. Quinckova trubice (obrázek 1) má dvě větve, které spolu interferují při výpusti. Posouváním jednoho ramene kontrolujeme dráhový rozdíl. Náš oscilátor měl nastavitelnou frekvenci. Tudíž jsme mohli na výstupním osciloskopu pozorovat různé interferenční extrémy. Z rysky na trubici jsme odčítali vzdálenost minim. Tato vzdálenost odpovídá polovině vlnové délky zvukového vlnění.



$$\Delta d = d_{n+1} - d_n = \frac{\lambda}{2} \tag{1}$$

Obrázek 1 Quinckova trubice

A poté na základě známého vztahu pro rychlost vlnění, frekvenci a vlnovou délku

$$v = f \cdot \lambda \tag{2}$$

jsme mohli pomocí fitování naměřených dat získat rychlost šíření vlnění.

Helmholtzův rezonátor

Do prázdné litrové baňky jsme vložili generátor signálu, mikrofon a skleněnou trubici na dolévání vody. Změnou kmitočtu generátoru signálu jsme hledali rezonanční frekvenci nejdříve pro prázdnou baňku a poté i pro baňku s objemem zmenšeným o nalitou vodu.



Obrázek 2 Helmholtzův rezonátor

Pro určení rychlosti zvuku jsme použili tyto dva vztahy:

$$f = a \cdot \frac{1}{\sqrt{V}} \tag{3}$$

$$a = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{(l+1,4\cdot r)}} \tag{4}$$

kde v je rychlost zvuku, l délka hrdla baňky, r poloměr hrdla baňky a V objem baňky. Fitováním jsme získali výslednou rychlost.

II. Světlo

Ze začátku musíme hlavně upozornit, že laserové paprsky jsou pro kohokoliv nebezpečné a při nechtěném zasvícení do oka by ho mohly spálit. Proto jsme museli používat speciální brýle tlumící intenzitu světla.

Připravili jsme aparaturu tak abychom mohli využít Foucaultovy metody (obrázky 3, 4). Na 1m dlouhou optickou lavici jsme umístili modul s rotačním zrcátkem a ke druhému konci jsme přiložili laser. Užitím dvou zaměřovačů svazků jsme nastavili laser tak aby skrze ně procházel až na rotační zrcátko. Příprava může klidně trvat i pár hodin. Pokud by nebyla správně seřízena, mohla by být následná měření nepoužitelná. Jakmile jsme zaměřili laser, oddělali jsme destičky pro zaměřování a umístili čočky. Čočku s ohniskovou vzdáleností 48 mm ve vzdálenosti 76 cm od rotačního zrcátka a čočku s ohniskovou vzdáleností 252mm 43 cm. Obě čočky jsme pak nastavili tak, aby paprsek stále směřoval na zrcátko a mezi ně jsme umístili měřící mikroskop, do kterého se nesmí dívat, dokud se před laser nepoloží polarizátor. Poté jsme umístili zrcadlo ve vzdálenosti 4 m od rotačního zrcátka tak, aby laser, rotační zrcátko a zrcadlo spolu svírali úhel zhruba 12°.







Obrázek 4

Motor od rotačního zrcátka jsme nechali zahřát v obou směrech, po směru hodinových ručiček *cw* a proti směru hodinových ručiček *ccw*. Když jsme se podívali do měřícího mikroskopu, viděli jsme místo tečky čárku. Je to způsobeno tím, že poté, co je paprsek vyslán, je pootočen rotačním zrcátkem, než se však stihne vrátiti od zrcadla, rotační zrcátko se již trochu pootočilo a paprsek se vrátil pod jiným úhlem. Na této čárce

jsme si mikrometrickým šroubkem zaměřili jednu ostrou hranu a odečetli hodnotu. Tento postup jsme provedli i pro opačný směr i pro jiné frekvence rotačního zrcátka. Pomocí velikosti táto čárky, rychlosti rotace zrcátka a vzdálenosti zrcadla jsme vypočítali rychlost světla.

3. Výsledky měření

I. Zvuk

Quinckova trubice

Prováděli jsme měření právě pro deset hodnot frekvencí. Postupem měření jsme museli přidávat amplitudu generovaného zvuku oscilátorem, abychom mohli číst výsledky. Při dané frekvenci jsme hledali všechna interferenční minima, pomocí posouvání jednoho ramene trubice.

Minima jsme objevili vždy, když jsme fundovaně odhadli okamžik správného nastavení, kdy došlo k zastavení klesání amplitudy výsledného vlnění a obnovení růstu amplitudy výsledného vlnění.

Námi vypočítaná rychlost zvuku byla 348,4 \pm 1,5 m•s⁻¹. Pro srovnání měla být naměřena rychlost 347 m•s⁻¹.



Rychlost zvuku pomocí Quinckovy trubice

Helmholtzův rezonátor

Se změnou frekvence zvuku se hlavní vrchol v grafu periodicky zvyšoval nebo snižoval. Rezonanční frekvenci pro daný objem jsme nalezli právě tehdy, byl-li pík nejvyšší. Ze známých frekvencí a příslušných objemů baňky jsme určili rychlost šíření zvuku na 328,0±2,5 m.s⁻¹. Náš výsledek je poměrně o dost nižší, než by měl být, protože určování rezonanční frekvence bylo značně náročné a je to patrné i z obrázku 7, kde nám přesně nesedí fitovací data. Vedlejší vrcholy vznikly z šumu z okolí.

Rez. frekvence [Hz]	179,7	181,8	183,5	187,5	193,3	197,2	215	226,5	230,6	232,5
Objem V [ml]	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550



Tabulka 1

Obrázek 6 Rezonanční frekvence



Obrázek 7

II. Světlo

Naše výsledky se shodovaly s naším očekáváním. S rostoucí frekvencí rychlosti otáčení rotujícího zrcátka se velikost čáry z laseru zvětšovala na určitou stranu v závislosti na směru otáčení.

11.49	11.46
11.52	11.42
11.55	11.41
11.56	11.38
11.59	11.37
11.61	11.33
11.63	11.32
	11.49 11.52 11.55 11.56 11.59 11.61 11.63

Tabulka 2

Naměřená data jsme dosadili do fitovacího vzorce, který je odvozen ze vzorce 5.

$$c = \frac{8\pi A D^{2}(f_{cw} + f_{ccw})}{(D+B)(S_{cw}^{*} + S_{ccw}^{*})}$$
(5)

$f_{cw} \; f_{ccw}$	rychlost rotování zrcátka	А	Vzdálenost druhé čočky a laseru
s´ _{cw} s´ _{cw}	změna velikosti čáry z laseru	В	Vzdálenost druhé čočky a rotujícího zrcátka
D Vzdálenost rotujícího zrcátka a zrcadla			

jsme dopočítali, že rychlost světla je $(2.21\pm0.45)*10^8$ m.s⁻¹ Odchylka byla spočtena ze vzorce pro chybná měření [4].



4. Shrnutí

Rychlost zvuku jsme pomocí Quinckovy trubice naměřili $348,4 \pm 1,5 \text{ m.s}^{-1}$, která se jen nepatrně liší od reálné hodnoty. Naproti tomu je rychlost zvuku změřená pomocí Helmholtzova rezonátoru značně nižší, než její skutečná hodnota, a to $328,0\pm2,5 \text{ m.s}^{-1}$. Rychlost světla jsme změřili metodou Foucaultova rotačního zrcadla na $(2.21\pm0.45)*10^8 \text{ m.s}^{-1}$, přičemž její skutečná rychlost je přibližně $3*10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Tato nepřesnost je dána nedokonalým sestavením aparatury.

Poděkování

Za finanční podporu našich projektů a realizaci Týdne vědy na Jaderce děkujeme jednak Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze a zejména pak Ing. Vojtěchovi Svobodovi, CSc. Dále vřele děkujeme Bc. Romanu Lavičkovi za jeho konzultaci během experimentu a za pomoc při zpracování výsledků.

Reference

[1] Kolektiv fyzikálního praktika FJFI ČVUT, Základní experimenty akustiky, URL: <u>http://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/126/mod_resource/content/5/09-140920-akustika.pdf</u>, citace: 16.6.2015

[2] Kolektiv fyzikálního praktika FJFI ČVUT, Měření rychlosti světla, URL: <u>http://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/2745/mod_resource/content/3/speed_of_light_JF_v2.</u> pdf, citace: 16.6.2015

[3] Kolektiv fyzikálního praktika FJFI ČVUT, Návod na Gnuplot, URL: <u>http://praktikum.fjfi.cvut.cz/documents/navod_gnuplot.pdf</u>, citace: 16.6.2015

[4] Kolektiv fyzikálního praktika FJFI ČVUT, Chyby měření, URL: <u>http://praktikum.fjfi.cvut.cz/documents/chybynav/chyby-o.pdf</u>, citace: 16.6.2015

Příprava nanočástic stříbra pomocí UV záření a záření gama

K. Kaprálová Š. Pitro A. Sedmihradská FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÁ ČVUT v Praze sedmihradska@gmail.com

Abstrakt:

V tomto projektu jsme se věnovali měření koncentrace nanočástic stříbra připravených ozářením roztoku dusičnanu stříbrného gama a UV zářením.

1 Úvod

Cílem byla příprava nanočástic stříbra pomocí elektromagnetického záření o různých energiích. Používali jsme ionizující gama záření, kde dochází k radiolýze vody a vznik nanočástic je způsoben hydratovanými elektrony, a neionizující UV záření, kde dochází k fotolýze a atomy stříbra jsou redukovány radikály.

Nanočástice stříbra mají antibakteriální a antifugicidní vlastnosti, tudíž je jejich využití široké, od dezinfekce lékařského vybavení po spotřební zboží jako jsou ponožky.

2 Příprava nanočástic stříbra

• Chemikálie

Dusičnan stříbrný je pevná krystalická žíravina. Jeji fotosenzitivita se využívá například ve fotografii - její stříbrné ionty se ochotně redukují na šedočerné stříbro.

Triton X-100 je průhledná viskózní organická kapalina, slouží jako stabilizátor, vychytává volné radikály. [2]

K přípravě 1% roztoku na ozařování jsme použili 10 ml Tritonu X-100, 990 ml destilované vody a 1,69 g AgNO₃. Poté jsme si odebrali vzorky do 10 ml ampulek, jeden nulový před ozařováním jako kontrolní vzorek a poté další, které jsme pak vystavovali zdrojům elektromagnetického záření v různých časových intervalech.

Přístroje a jejich použití

K ozařování vysokoenergetickými elektrony jsme používali přístroj Gammacel, který je umístěn v budově FJFI ČVUT v Praze. Funguje na principu přeměny jader β^2 zářením. Jde o ₆₀Co, který se mění na ₆₀Ni*, který se pak dostává na nižší energetickou hladinu vyzářením dvou kvant γ . [1] V době, kdy jsme vystavovali vzorky gama

záření měl gammacel 47 Gy/h. První vzorek jsme ozařovali jednu hodinu, tudíž absorboval 47 Gy. Druhý vzorek byl ozařován 22 hodin, absorboval tedy 1034 Gy. Poslední třetí vzorek se ozařoval 26 hodin a absorboval 1222 Gy.

K fotolýze jsme používali čtyři Hg výbojky vyzařující vlnovou délku 254 nm a o výkonu 25 W. Tyto UV výbojky byly nejdříve omyty demineralizovanou vodou a poté umístěny do dvou litrů našeho roztoku AgNO₃. Po každých 15 minutách jsme odebírali 2 ml vzorku. Celková doba záření činila 1,5 hodiny.

Všechny vzniklé vzorky (čtyři z gammacellu a šest z UV výbojek) jsme měřili na UV - VIS spektrometru. Ten měřil absorbanci na vlnové délce 325 nm až 600 nm po 1 nm kroku. Maximum na ose y jsme zvolili 1, abychom podle Lambert-Beerova zákona mohli užívat lineární závislosti absorbance na koncentraci. [1]



Výsledky

Jak lze vidět z grafu, koncentrace nanočástic stříbra roste s časem, po který byl vzorek vystaven UV záření.

V porovnání s gama zářením byly vzorky po vystavení UV záření o dost tmavší, také se při ozařování ohřívaly - část energie, kterou emitovaly výbojky se přeměnila na teplo.

Abychom dospěli k přesnějším výsledkům u vzorků vystavených gama záření potřebovali bychom delší časový interval na realizaci projektu v přístroji Gammacel.

3 Shrnutí

Pomocí gama a UV záření jsme skutečně připravili nanočástice stříbra, jehož koncentrace v různých vzorcích jsme mohli porovnat díky spektrometrii. Z grafů je zřejmé, že při vyšším čase a tedy větší hodnotě absorbovaného záření je i koncentrace nanočástic stříbra vyšší.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat všem organizátorům Týdne vědy za uskutečnění našeho projektu. Dále panu Doc. Ing. Rostislavu Silberovi, Csc. za jeho ochotu nás provést problematikou nanočástic a učit nás zajímavým věcem. Také děkujeme Ing. Lence Procházkové za pomoc v oblasti fotochemie.

Reference:

[1] NYKL, P.: Kontrolovaná radiační syntéza Ag-nanočástic ČVUT PRAHA FJFI, 2014
[2] ZDYCHOVÁ, V.: Katalytické vlastnosti radiačně indukovaného nanostříbra ČVUT PRAHA FJFI



Týden vědy FJFI ČVUT Praha 2015

Interference a ohyb světla

L. Valica – Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina F. Kratochvíl – SPŠ a VOŠT Sokolská, Brno K. Kluková – Gymnázium Šumperk Masarykovo Náměstí

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo obeznámit se světelnými jevy, přístroji na jejich měření, vlastnostmi světla, zabavit se a hlavně nic nespálit.

1. Úvod

V našem projektu jsme zkoumali a zajímali o vlastnosti světla. **Světlo** je elektromagnetické vlnění o vlnové délce mezi 400 a 700 nm. Díky jeho vlnovým vlastnostem a elektromagnetickému původu jej můžeme popsat Maxwellovými rovnicemi.

2 základní jevy, které jsme zkoumali, byli interference a difrakce. **Interference** je nejčastěji charakteristickou vlastnosti vln. Znamená jejich vzájemné ovlivňování a prolínání. Zobrazují se pomocí interferenčního obrazu. **Difrakce** je ohyb světla, jev, který je způsoben přítomností určité překážky (př.: štěrbina, kruhový otvor). Nejvíce se projevuje na objektech, jejichž velikost je srovnatelná s vlnovou délkou světla.

Pozn. - **Fraunhoferova difrakce** – oblast, ve které lze všechny příspěvky považovat za rovinné vlny.

2. Použité přístroje a předměty

V první řade jsme používali laser – zařízení, které vyzařuje fotony ve formě úzkého svazku, 2 spojné čočky, rozptylná čočka, Abbého kostka, posuvné zrcadlo s

mikrometrickým šroubem, několik **kruhových otvorů**, **štěrbina** s nastavitelnou šířkou a **difrakční mřížka** – skleněná destička s měkkou vrstvou, ve které jsou pomocí diamantového nástroje vyryty vrypy.

3. Náš experiment

Interference světla

Interference je výrazným projevem vlnových vlastností světla. U monochromatického světla se projevuje vznikem světlých a tmavých pruhů. U bílého světla se projevuje duhovostí (mýdlové bubliny a olej na vodě).

V našem experimentu jsme pracovali s tzv. **Michelsonovým interferometrem**. Pomocí Abbého kostky jsme rozdělili laserový paprsek do dvou svazků, které se odrážely na dvou zrcadlech. Po jejich opětovném spojení jsme na stínítku pozorovali interferenční obrazec a pomocí něho mohli ověřit vlnovou délku světla laseru, která byla dána jako 589 nm. Posouváním jednoho ze zrcadel a souběžným pozorováním interferenčního obrazec se nám podařilo naměřit hodnotu (620+-10) nm.

Fraunhoferova difrakce na difrakční mřížce

Její základní vlastností je schopnost rozložit dopadající světlo do různých směrů. Tato vlastnost se nazývá spektrální rozklad. Monochromatická vlna dopadá na difrakční mřížku a na stínítku se vytváří interferenční **maxima** a **minima**.

Difrakce na štěrbině

Štěrbinu lze rozdělit na nekonečně mnoho malých bodů. Pokud na štěrbinu dopadají vlny monochromatického světla, pak všechny body můžeme považovat za zdroje, kterých je nekonečně mnoho. Paprsky z nich pocházející jsou vůči sobě fázově posunuty.

Aby byl jev pozorovatelný, musí mít štěrbina rozměr srovnatelný s vlnovou délkou světla. Poté na stínítku vzniká difrakční obrazec.

Provedli jsme celkem tři měření, a i když se hodnoty jednotlivých měření v celku shodovali, nikdy jsme nenaměřili stejnou hodnotu, jakou jsme si nastavili na štěrbině.

Rozměr štěrbiny	1. Minimum	2. Minimum	3. Minimum
[m m]	[mm]	[mm]	[mm]
28	79±2	74,8±0,6	65,7±0,2
41	132±6	121±2	116,8±0,7
48	300±30	310±10	274±4

Tabulka 1: Hodnoty šířky štěrbiny změřené mikrometrickým šroubem a spočtené z měření polohy prvního, druhého a třetího minima difrakčního obrazce.

Fraunhoferova difrakce na kruhovém otvoru

Kruhový otvor si můžeme představit jako nekonečně mnoho štěrbin. Opět můžeme spatřit na difrakčním obrazci minima a maxima.

Provedli jsme měření s otvorem o rozměru 0,5 a 1 milimetr. Naše měření bylo relativně přesné, neboť jsme dle naměřených hodnot velikost kruhových otvorů stanovili v průměru na 0,42 a 1,09, kdy nejpřesnější bylo měření třetího minima, kde vyšly rozměry 0,424 \pm 0,009 a 0,99 \pm 0,5.

4. Diskuze

Naše měření byla relativně přesná, i když jsme měřili pouze na milimetry. Největší odchylka vznikala u štěrbiny . Jelikož jednotlivé hodnoty měření nebyly od sebe příliš vzdáleny k chybě došlo nejspíše na mikrometru. Pro zpřesnění by bylo vhodné použít posuvné měřidlo nebo mikrometr k měření vzdáleností.

5. Shrnutí miniprojektu

Na tomhle miniprojektu jsme se naučili pracovat s přístroji na světelné jevy, měřit vlnové délky světla, obeznámili jsme se s prostory na jaderné fakultě a jeden člen si zdokonalil češtinu.

6. Poděkování

Chtěli bychom se poděkovat našemu vedoucímu Ing. Daliborovi Skoupilovi za pomoc při práci a projektech a taky za jeho jazykové okénko pro slovenského člena týmu. Taky bychom chtěli poděkovat hyperaktivnímu Ing. Vojtěchovi Svobodovi CSc. za tenhle týden, který zorganizoval.

7. Reference

[1] Skoupil, D.: Interference a difrakce světla, Návod k miniprojektu pro TV@FJFI 2015

CO_2 laser v kufříku

V. Fišer, Gymnázium E. Krásnohorské Praha, tydlitele@gmail.com
J. Kolovecký, Gymnázium Kolín, kulatak111@seznam.cz
B. Kocián, Gymnázium Vašavká cesta 1 Žilina, boriskocian@gmail.com
J. Sýkora, Gymnázium Christiana Dopplera Praha, josef.sykora@email.cz

16. 6. 2015

Abstrakt

Lasery sú vďaka svojím vlastnostiam často využívané nástroje. Táto práca v úvode predstavuje princíp CO_2 laserov, ďalej popisuje experimenty vykonávané pomocou približne dvadsať wattového infračerveného laseru. Bolo vykonané meranie výkonu a vlnovej dĺžky zväzku. Ďalej bola skúmaná transmisia a absorbcia rôznych materiálov. Na záver bola overená možnosť vytvárať predmety zatavovaním práškov.

1 Úvod

1.1 Stimulovaná emise a princip laseru

Kvantová optika popisuje dosti komplexně chování světla; je obecnější, než vlnová optika. Popisuje tři možné interakce fotonu a atomu.

K absorpci dojde, když foton dopadne na atom a pohltí se. Na atomu se to projeví excitací na vyšší energii. Opačný děj je spontánní emise. Ta nastává náhodně. Projeví se sestupem elektronu na nižší energetickou hladinu a vyzářením fotonu o energii úměrné rozílu energií hladin elektronu.

Pro lasery je fundamentální třetí interakce - stimulovaná emise. Ta nastává, když kolem excitovaného atomu proletí foton. Vyzářený foton bude mít stejné vlastnosti, jako proletující (budou mít stejnou frekvenci / vlnovou délku, budou ve fázi a poletí vedle sebe).

Slovo laser je zkratka (z Angl. Laght Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Lasery aplikují principy kvantové mechaniky a optiky. Ač bylo takové zařízení popsáno již v roce 1917 A. Einsteinem, poprevé bylo sestrojeno v roce 1960.

Laser se většinou skládá z aktivního prostředí a dvou zrcadel (jednoho trochu propustného). Aktivné prostředí je takové prostředí, ve kterém jsou excitované atmomy a kde tedy dochází ke stimulované emisi. Dohromady tvoří laserový rezonátor. Jeho frekvence (podle módu, musí se vlna vejít celočíselněkrát do rezonátoru) pak určuje frekvenci fotonů, které se doplní.

Světlo získané touto metodou má několik specifických vlastností:

- směrovost
- úzké nebo diskrétní frekvenční spektrum

- velký výkon
- fázová koherence

Jelikož použité prostředí a jeho vlastnosti (rezonanční frekvence) zásadně ovlivňují vlastnosti laseru (hlavně vlnovou délku), dají se lasery dělit podle použitého aktivního prostředí. Běžně dosažitelné vlnové délky se pohybují od desetin μ m (UV světlo) po desítky μ m.

Tabulka příkladů typů laserů.

Тур	rezonanční prostředí	vlnová délka
Nd:YAG	elektrony v atomech neodymu	$1,06 \ \mu \mathrm{m}$
EDFA	elektrony v atomech erbia	$1.55 \ \mu { m m}$
He:Ne	elektrony v atomech neonu	$0.633~\mu{ m m}$
diodový	Polovodičové přechody	$0.4~\mu{ m m}$
$\rm CO_2$	vibrace atomů uhlíku	$10.6 \ \mu \mathrm{m}$

1.2 CO_2 lasery

V CO₂ laseru jsou základním principem rezonance vibračních popř. rotačních stavů molekul. Frekvence, na kterých oscilují molekuly jsou podstatně nižší, než frekvence, na kterých by oscilovaly elektrony (jako u většiny typů laserů), proto svítí na delších vlnových délkách. Výrobce našeho laseru uvádí frekvenci 28.3 THz (vlnová délka je tedy přibližně 10,6 μ m).

Takové světo je poměrně vzdálené od viditelného spektra. Kvůli svému relativně velkému výkonu nachází takové lasery uplatnění hlavně v průmyslu.

2 Praktická část

Pracovali jsme s Ing. F. Domincem sestaveným přístrojem sestávajícím se z CO_2 laserové trubice SHTLKJ, regulovatelného zdroje a chladícího systému. Stanovili jsme si za cíl:

- stanovit vlnovou délku měrěním difrakčních úhlů na známé mřížce
- ovlivnit laserový svazek čočkou
- pro vybrané materiály popsat chování při osvícení laserem
- změřit výkon laseru
- vytvořit předmět spékáním kovových prášků

2.1 Určení vlnové délky

Difrakce je jev vlnové optiky, který nastává, když světlo dopadá na předměty velikostí srovnatelné s jeho vlnovou délkou. Pro náš IR laser jsme si vyrobili difrakční mřížky sami. Používali jsme měděný cívkový drát navinutý na rámečku.

Svazek jsme po průchodu mřížkou nechali dopadnout na stínítko z thermopapíru. Po přibližně 1 sekundě svícení se objevily difrakční řády na papíře. Z vypočteného difrakčního úhlu jsme stanovili naměřenou vlnovou délku na 6.4 μ m. Odchylka od hodnoty udávané výrobcem je značná. Přisuzujeme ji nepřesné difrakční mřížce a spíše se kloníme k hodnotě udávané výrobcem.

Obrázek 1: Difrakční mřížka, v popředí pravítko



Obrázek 2: stopy po laseru na thermopapíru



2.2 Měření výkonu

Výkon laseru jsme měřili kalorimetrickou metodou. Použili jsme hliníkový kvádřík. Začali jsme stanovením jeho tepelné kapacity. Po této kalibraci známým tepelným zdrojem jsme směřovali laserový paprsek ve snaze nechat ho absorbovat kvádříkem. Prováděli jsme měření rozdílu teplot pro různé doby osvícení. Náš laser vykazoval výkon přibližně 20,2 W.

2.3 Zkoumání reakcí různých materiálů na svazek

Prostupnost materiálů pro světlo se silně závislá na vlnových délkách. Ověřovali jsme proto, nakolik budou různé látky propouštět, odrážet či pohlcovat záření. Bohužel jsme neměli k dispozici přístroje pro přesné měření monžství energie a proto jsme to množství spíše odhadovali. Naše měření tedy mají spíše orientační smysl.

Výsledky jsme zapisovali do následující tabulky

Látka	Chování
uhlí	záření pohlcuje, ohřívá se a prská
stříbrné zrcadlo (cca 100nm Ag @ sklo)	odráží
sklo	dobře pohlcuje, taví se a praská
0,5mm křemík	přibližně polovinu propouští a polovinu odráží
0,5mm křemík pozlacené	odráží
síra	pohlcuje, okamžitě se taví
suchý led	velmi dobře propouští
sůl kamenná	dobře propouští, po chvíli praská

Obrázek 3: Výsledky pozorování materálů pod laserem

Obrázek 4: Banán přeříznutý laserem



2.4 Ovlivňování svazku čočkou

U čočky pro takovéto světlo je stěžejní volba materiálu. Běžné skleněné čočky použít nelze, neboť jimi světlo neprochází. Nakonec jsme zvolili křemík jako materiál pro výrobu. Z 0,25 mm tlustého kusu křemíku jsme postupným broušením na brusném papíře vyrobili spojku.

Experimenty s ní ukázaly, že křemík nemá dobré optické vlastnosti. Takto malý kousek se rychle zahřál a klesala jeho transmise. Po několika sekundách se čočka vždy rozžhavila.



Obrázek 5: čočka za studena a po pár sekundách běhu

2.5 Tavení práškových materiálů

Na závěr jsme ověřovali možnost tavení práškových materiálů takovýmto laserem. Tento princip se již v průmyslu používá při 3D tisku. Z práškových materiálů jsme zkusili cukr, hliník a železo. Kvůli špinavosti materiálů a nedostatečně fokusovanému svazku se nám výroba předmětů příliš nepovedla.

3 Shrnutí

Seznámili jsme se s funkčním modelem výkonného IR CO_2 laseru. Prováděli jsme různá měření: ověřili jsme základní parametry laseru a zkoumali jsme reakce různých látek na silný laserový svazek. Přínos této práce spočívá hlavně v popsání chování některých látek (např. suchý led).

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a jmenovitě Ing. V. Svobodovi za organizaci TV@FJFI a za poskytnutí prostor. Dále v neposlední řadě Ing. F. Domincovi, našemu supervizorovi za poskytnutí cenných informací a zkušeností, zasvěcení do problematiky a zapůjčení laseru.

Srážky světla na LHC

Michal Hostonský Tomáš Jakubec Martin Malý

Gym. Na Vítězné pláni Gym. Trutnov ISŠT Mělník

mhotonsky@atlas.cz ja248@seznam.cz HarryMatin@seznam.cz

Abstrakt:

Četli jste někdy knihu od Dana Browna s názvem Andělé a Démoni a zajímalo vás někdy, jak doopravdy probíhají pokusy na urychlovači částic LHC? Závratné množství antihmoty, schopné zničit Vatikán zde sice nenalezneme, ale pokusy v centru zájmu dnešních vědců, zabývající se srážkami částic jsou jistě také velmi fascinující. Proudy částic letící proti sobě v závratných rychlostech a pozorování, co se s nimi stane, pokud je necháme srazit, se stalo terčem zájmu mnoha světově proslulých fyziků. Proto jsme se také rozhodli, vyzkoušet si, co jejich práce obnáší.

1 Úvod

Jako náš miniprojekt jsme si zvolili analýzu dat srážek světla, které byly zaznamenány na urychlovači částic LHC v Ženevě, Švýcarsku. Při analyzování dat jsme si kladli za cíl porovnat námi vyhodnocená data s teoretickým předpokladem neuvažujícím vlastní stínění gluonů. Naším úkolem tedy bylo dokázat, či naopak vyvrátit existenci vlastního gluonového stínění.

2 Hledání gluonového stínění

• Představení

Náš projekt se opírá o data získaná detektorem ALICE, instalovaném na největším urychlovači částic LHC nacházejícího se nedaleko Ženevy ve Švýcarsku. Hlavním úkolem tohoto detektoru je pozorování srážek iontů olova a simulovat tak podmínky panující v raných fázích našeho vesmíru.



• Typy srážek

Srážky pozorované na detektoru ALICE se dělí do tří skupin. První podskupina jsou takzvané srážky centrální, kde dochází k přímým srážkám jednotlivých jader atomů. Při takovýchto srážkách dochází ke vzniku kvark-gluonového plazmatu, z kterého vznikne velké množství nových částic. Druhou skupinu tvoří tzv. srážky periferální, při kterých do sebe jádra olova naráží jen okrajově, ovšem i zde dochází k vytvoření kvark-gluonového plazmatu a množství nových částic. Třetí skupinou, kterou se zabýváme my, jsou srážky ultra-periferální, při kterých dochází k těsnému minutí jader olova a pouze interakcí elektromagnetického pole jader, při kterém do sebe naráží ve velkých energiích fotony.

• Ultra-Periferální srážka

Při provádění pokusů s ultra-periferálními srážkami nejprve dochází k urychlení jader olova na rychlost blízkou c (rychlost světla). Urychleny jsou dva paprsky jader letící protichůdně v oddělených trubicích urychlovače a poté při dosažení dostatečné energie jsou nasměrovány v detekčních centrech (ALICE, ATLAS...), proti sobě. Tímto docílíme srážek pouze v místech, kde je to žádoucí a můžeme tyto srážky pozorovat. Při tomto druhu srážek se jádra olova míjejí s vzájemnou vzdáleností větší než součet jejich poloměrů. Je tak vyloučena silná interakce a může se srazit foton s fotonem, nebo foton s jádrem. K těmto srážkám může docházet právě proto, že elektromagnetické pole kolem jádra olova se s jeho stále se zvětšující rychlostí deformuje. V počáteční fázi je elektromagnetické pole kolem jádra homogenní, tedy rovnoměrně rozložené do všech směrů od jádra. Ovšem s přibývající rychlostí se pole začne deformovat v důsledku kontrakce délek vycházející ze speciální teorie relativity, do té míry, že při výsledné rychlosti blížící se rychlosti světla je pole natolik zdeformované, že se koncentruje ve směru kolmém na směr pohybu. Pro samotné jádro olova se pak tyto srážky jeví jako pulzy rovinného záření díky vysoké rychlosti, jakou se jádra olova míjejí.



• Fotojaderné reakce

Při ultra-periferálních srážkách vnikají nové částice, nebo dvojice leptonů. Pokud vyzářený foton z jádra olova vytvoří dvojici virtuálního kvarku a antikvarku, tak tyto částice mohou silně interagovat s jádrem, či nukleonem, a vytvořit novou částici zvanou J/ψ .



• Možnosti interakce

První možností, jak mohou tyto částice interagovat, je tzv. koherentní, při které foton reaguje s celým jádrem olova. Touto reakcí jsme se zabývali i my. Druhou možností jsou interakce fotonu s jádrem, při kterých foton reaguje pouze s jedním nukleonem (protonem, nebo neutronem), taková reakce se nazývá nekoherentní a tyto srážky jsme se snažili v našich měřeních vyloučit korekcemi softwaru. Rozdíl mezi těmito interakcemi je hlavně pak v hybnosti vzniklé částice J/ψ . Při koherentní fotoprodukci je hybnost výsledné částice podstatně nižší, než hybnost částice vzniklé z nekoherentní fotoprodukce.



Detekce J/ψ

Částice J/ψ má velmi krátkou dobu života $(7.2 \times 10^{-21} \text{ s})$. Po uplynutí této doby se částice nejčastěji rozpadá na lehčí hadrony, či méně pravděpodobně na dvojici elektron/pozitron, nebo dvojici mion/antimion. Právě detekcí vzniklých mionů zkoumáme přítomnost a vlastnosti J/ψ . Směr jakým se miony uvolní z původního J/ψ může být velmi rozdílný. První z možností je tzv. Centrální směr, kdy miony cestují v prakticky kolmém směru na původní dráhu J/ψ a tyto miony je schopen zachytit pouze centrální detektor. Další možností je tzv. Kvazi-dopředný směr, kdy jeden z dvojice mionů letí v kolmém směru na původní dráhu a druhý letí pouze s malou odchylkou od původního směru. Poslední možností je tzv. Dopředný směr, kde oba miony letí s odchylkami téměř v původním směru J/ψ a jsou je schopny zachytit mionové detektory nacházející se za železo-betonovým stínítkem, kterým jiné detekovatelné částice, než miony, nejsou schopny projít.



Rapidita

Rapidita je veličina, která udává odchylku od směru kolmého ke směru pohybu svazku. Jestliže chceme jen ty miony, které projdou stínítkem a jsou detekovány v mionovém detektoru, pak musíme limitovat hodnoty rapidity mezi -4 až -2.5.

Pseudorapidita

Přímo závisí na směru pohybu částice, je dán úhlem od kolmice ke svazku. Když je hybnost mnohem větší než hmotnost, pak je pseudorapidita rovna rapiditě.



Měření

Porovnáváme simulovaná data se skutečnými daty z CERNu. Abychom vybrali konkrétní ultra-periferální srážky, kdy vznikla částice J/ψ , musíme data roztřídit podle odpovídajících parametrů (hmotnost, hybnost, rapidita, pseudorapidita).

Hodnoty parametrů nastavujeme podle simulací. Na obrázcích jsou vidět hodnoty, kde bychom měli J/ψ najít.



Nastavení softwaru

Pro třídění dat použijeme program, který zkontroluje všechny srážky zaznamenané detektorem, ty s odpovídajícími vlastnostmi nám vybere a my je můžeme zpracovat. Na obrázku je jasně viditelný pík u klidové hmotnosti 3,1GeV. To odpovídá simulaci.



Výsledky

Výstupy našeho miniprojektu jsou graf počtu částic v závislosti na hmotnosti a účinný průřez reakce.



Vlevo vidíme předešlé měření se svazky zlata (2009). Vpravo je graf, který je výstupem naší práce. Grafy jsou podobné, z toho usuzujeme, že náš výsledek je správný.

$$\frac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}y} = \frac{N_{J/\psi}^{coh}}{\varepsilon * \varepsilon_{trig} * \mathcal{B} * \mathcal{L} * \Delta y} \qquad \qquad \frac{\mathrm{d}\sigma_{theo}}{\mathrm{d}y} = \frac{\sigma_{tot} * R_y}{\Delta y}$$

Vlevo je vztah pro výpočet účinného průřezu reakce (pravděpodobnost, že k reakci dojde), ze kterého spočítáme účinný průřez reakce ze skutečných dat. Vpravo se nachází vztah pro výpočet teoretického účinného průřezu reakce, ten vychází ze simulace. Naše výsledky porovnáváme s výsledky modelu STARLIGHT, který nepředpokládá gluonové stínění. Jestliže $\frac{d\sigma}{dy} < \frac{d\sigma_{theo}}{dy}$ pak gluonové stínění existuje. Z naměřených dat jsme spočítali $\frac{d\sigma}{dy} = 1,2\pm0,1$ mb. To je méně než vychází z modelu STARLIGHT, tedy $\frac{d\sigma_{theo}}{dy} = 1,8$. Tím pádem je gluonové stínění potvrzené.

3 Shrnutí

Při práci s daty jsme se nejdříve snažili oddělit správná data od přebytečných výsledků, které se neshodovaly s námi požadovanými parametry. Z celkového počtu 3 000 000 srážek jsme se tedy postupnou specifikací parametrů dostali až na hodnotu 250 vyhovujících srážek a z těch jsme vyvodili závěr, že gluonové stínění existuje.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Jaroslavu Adamovi za odborný dohled. Dále děkujeme organizátorům Týdnu vědy a ČVUT za poskytnutí příležitosti a prostoru pro provedení naší práce.

Reference:

ADAM, Jaroslav. ČVUT. Srážky světla na LHC. Praha, 2015.

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.